

MANUAL DE INVESTIGACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁFICO

Autores:

Dr. Francisco Toledo Castillo

D. Antonio Mera Redondo

D. Javier García Sánchez

D. Sergio Hidalgo Fuentes

Contenido

CAPÍTULO I: CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE EL ACCIDENTE DE TRÁFICO.....	9
1. CONCEPTO Y DETERMINACIÓN DEL ACCIDENTE DE TRÁFICO.....	9
1.1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.2. CONCEPTO DE CONFLICTO DE TRÁFICO, CT.....	9
1.3. CONCEPTO DE ACCIDENTE DE TRÁFICO (AT).....	10
2. INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES.....	15
2.1. INTRODUCCIÓN.....	15
2.2. LA INVESTIGACIÓN-INFORMACIÓN DE LOS ACCIDENTES DE TRÁFICO.....	16
2.3. IMPORTANCIA Y CANTIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
2.4. MEDIOS.....	17
2.5. PROCESO MATERIAL.....	17
2.6. PROCESO INTELECTUAL.....	17
3. ELEMENTOS O FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL ACCIDENTE DE TRÁFICO..	19
3.1. INTRODUCCIÓN.....	19
3.2. EL HOMBRE Y SUS CIRCUNSTANCIAS PSICOFÍSICAS.....	19
3.3. EL VEHÍCULO Y SU TECNOLOGÍA.....	20
3.4. LA VÍA Y SU ENTORNO.....	21
3.5. OTROS FACTORES CONCURRENTES.....	22
3.6. CONCEPTO DE UNIDAD DE TRÁFICO. ELEMENTOS ANÁLOGOS.....	23
4. TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN DEL AT.....	25
4.1. LA CADENA DE SUCESOS.....	25
4.2. LA POSICIÓN.....	25
4.3. CONCLUSIÓN AVANZADA.....	27
4.4. INVESTIGACIÓN DE INTERVALOS.....	28
4.5. FASES DEL ACCIDENTE.....	29
4.6. ÁREAS DEL ACCIDENTE.....	31
4.7. CONCLUSIÓN FINAL.....	31
5. EL CASO FORTUITO. LA FUERZA MAYOR. LA AVERÍA.....	32
5.1. INTRODUCCIÓN.....	32
5.2. CAUSAS DE EXONERACIÓN DE LA RESPONSABILIDAD EN LA LRCSCVM.....	32
5.3. LA FUERZA MAYOR.....	32
5.4. EL CASO FORTUITO.....	35
5.5. DISTINCIÓN DEL CASO FORTUITO Y LA FUERZA MAYOR.....	38
5.6. LA AVERÍA.....	39
6. TIPOLOGÍA Y CLASES DE AT.....	40
6.1. ACCIDENTE DE TRÁFICO.....	40
6.2. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LOS AT. TIPOLOGÍA.....	40
6.3. TIPOLOGÍA DEL ACCIDENTE.....	43
7. CLASIFICACIONES DE LOS AT SEGÚN LA NORMATIVA TÉCNICA.....	45
7.1. TIPOLOGÍA DE LAS COLISIONES DE VEHÍCULOS AUTOMÓVILES.....	45
7.2. SISTEMAS DE CLASIFICACIONES DE LOS DAÑOS OCASIONADOS EN UNA COLISIÓN: ESPECIAL REFERENCIA AL SISTEMA CDC.....	48
CAPÍTULO II: EL FACTOR HUMANO.....	55
1. EL CONDUCTOR COMO SUJETO PSICOLÓGICO.....	55
1.1. EL RIESGO: ASPECTOS FUNDAMENTALES.....	55
1.2. EL FACTOR HUMANO: RIESGO Y GRUPOS DE RIESGO.....	56
1.3. INTRODUCCIÓN A LOS PRINCIPIOS EXPLICATIVOS DEL COMPORTAMIENTO DEL CONDUCTOR.....	60
1.4. PROCESO DE TOMA DE DECISIONES Y MODELOS GENERALES EXPLICATIVOS DEL COMPORTAMIENTO.....	63

1.5.	LOS ERRORES HUMANOS EN LA CONDUCCIÓN DE VEHÍCULOS	67
1.6.	INVESTIGACIÓN DE LOS ACCIDENTES: EL RECUERDO DE SUCESOS.....	70
2.	ALCOHOL Y CONDUCCIÓN	76
2.1.	INTRODUCCIÓN.....	76
2.2.	ALCOHOL: CONSUMO Y SINIESTRALIDAD.....	77
2.3.	ALCOHOL, SEGURIDAD VIAL Y ACCIDENTES DE TRÁFICO.....	78
3.	LA CONDUCCIÓN BAJO LOS EFECTOS DE LAS DROGAS.....	89
3.1.	INTRODUCCIÓN.....	89
3.2.	CLASIFICACIÓN DE LAS DROGAS PSICOACTIVAS.....	89
3.3.	IMPLICACIONES DEL CONSUMO DE DROGAS EN LA CONDUCCIÓN Y LA SEGURIDAD VIAL	90
3.4.	PRECISIONES Y MATIZACIONES DE INTERÉS	94
4.	LA CONDUCCIÓN BAJO LOS EFECTOS DEL SUEÑO	96
4.1.	INTRODUCCIÓN.....	96
4.2.	IMPLICACIONES DE LA FALTA DE SUEÑO EN LA CONDUCCIÓN Y LA SEGURIDAD VIAL	96
4.3.	TRASTORNOS DEL SUEÑO.....	97
4.4.	EFFECTOS DEL SUEÑO EN LA CONDUCCIÓN.....	99
4.5.	INTERACCIÓN DEL SUEÑO CON OTRAS VARIABLES EN LA CONDUCCIÓN	100
5.	LA CONDUCCIÓN BAJO LOS EFECTOS DE LA FATIGA	102
5.1.	BREVE APUNTE SOBRE LA FATIGA	102
5.2.	IMPLICACIONES DE LA FATIGA EN LA CONDUCCIÓN Y LA SEGURIDAD VIAL 102	
5.3.	PRECISIONES Y MATIZACIONES DE INTERÉS	103
6.	LA CONDUCCIÓN BAJO LOS EFECTOS DE LOS FÁRMACOS	104
6.1.	BREVE APUNTE SOBRE LOS FÁRMACOS Y LOS PSICOFÁRMACOS	104
6.2.	FACTORES QUE INFLUYEN EN EL POTENCIAL EFECTO DE LOS FÁRMACOS SOBRE LA CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN	104
6.3.	IMPLICACIONES DEL CONSUMO DE PSICOFÁRMACOS EN LA CONDUCCIÓN Y LA SEGURIDAD VIAL.....	105
6.4.	LEGISLACIÓN VIGENTE.....	106
6.5.	PRECISIONES Y MATIZACIONES DE INTERÉS	106
7.	LA CONDUCCIÓN BAJO LOS EFECTOS DEL ESTRÉS	107
7.1.	BREVE APUNTE SOBRE EL ESTRÉS	107
7.2.	IMPLICACIONES DEL ESTRÉS EN LA CONDUCCIÓN Y LA SEGURIDAD VIAL..	107
7.3.	ESTRESORES VITALES EN EL CONDUCTOR Y SU RELACIÓN CAUSAL CON LOS ACCIDENTES Y EL ESTRÉS POSTRAUMÁTICO.....	108
7.4.	PRECISIONES Y MATIZACIONES DE INTERÉS	109
8.	MORBILIDAD Y SEGURIDAD VIAL COMO FACTOR DE RIESGO	110
8.1.	INTRODUCCIÓN.....	110
8.2.	¿POR QUÉ DETERMINADAS ENFERMEDADES Y TRASTORNOS PUEDEN PONER EN RIESGO LA SEGURIDAD DURANTE LA CONDUCCIÓN?.....	110
8.3.	ESTADO DE SALUD Y RIESGO DE ACCIDENTE: DIFICULTADES METODOLÓGICAS EN LA ESTIMACIÓN DEL RIESGO	110
8.4.	ALGUNOS PROCESOS PATOLÓGICOS CON POSIBLE RELEVANCIA EN SEGURIDAD VIAL	111
8.5.	CONCLUSIONES.....	112
CAPÍTULO III: EL FACTOR VEHÍCULO.....		114
1.	DEFINICIONES, CATEGORIAS Y NORMATIVA SOBRE VEHÍCULOS.....	114
1.1.	NORMATIVA SOBRE VEHÍCULOS.....	114
1.2.	DEFINICIONES RELATIVAS A VEHÍCULOS.....	116
1.3.	CATEGORÍAS NORMATIVAS Y CLASIFICACIONES DE VEHÍCULOS.	116
1.4.	HOMOLOGACIÓN DE VEHÍCULOS.....	116

2.	GRUPOS Y SISTEMAS DEL AUTOMÓVIL	122
2.1.	MASAS Y DIMENSIONES.....	122
2.2.	EL BASTIDOR Y LA CARROCERÍA.....	124
2.3.	EL SISTEMA ELÉCTRICO: ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN ÓPTICA	128
2.4.	LA TRANSMISIÓN.....	138
2.5.	LA RUEDA.....	139
2.6.	LA SUSPENSIÓN	146
2.7.	LA DIRECCIÓN	150
2.8.	EL SISTEMA DE FRENADO	151
2.9.	CAMPO DE VISIÓN DEL CONDUCTOR.....	155
3.	LA INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS Y LAS REFORMAS DE IMPORTANCIA 156	
3.1.	NORMATIVA.....	156
3.2.	ANÁLISIS DE LA NORMATIVA ACTUAL.....	157
3.3.	RESULTADO DE LA INSPECCIÓN	158
4.	INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE DISCOS DIAGRAMAS DEL TACÓGRAFO.....	159
4.1.	DESCRIPCIÓN DE UN TACÓGRAFO	159
4.2.	TIPOS DE TACÓGRAFOS ANALÓGICOS.....	163
4.3.	DISCOS DIAGRAMAS.....	168
4.4.	TACÓGRAFOS DIGITALES	175
4.5.	ZONAS DE REGISTRO DE LAS HOJAS IMPRESAS.....	184
4.6.	CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DE LAS TARJETAS DEL TACÓGRAFO	185
4.7.	IMPORTANCIA DEL TACÓGRAFO EN LA INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES..	188
4.8.	NORMATIVA DE UTILIZACIÓN DEL TACÓGRAFO.....	192
4.9.	CALIFICACIÓN DE LOS EXCESOS Y MINORACIONES DE LOS TIEMPOS DE CONDUCCIÓN Y DESCANSO	192
5.	EL INCENDIO Y EL ACCIDENTE DE TRÁFICO	194
5.1.	TIPOLOGÍA DEL ACCIDENTE DE TRÁFICO	194
5.2.	ACCIDENTE POR INCENDIO	194
5.3.	LA INSPECCIÓN TÉCNICO-OCULAR EN INCENDIOS DE VEHÍCULOS.....	195
CAPÍTULO IV: EL FACTOR VÍA.....		200
1.	ELEMENTOS DE LA RED VIARIA.....	200
1.1.	INTRODUCCIÓN.....	200
1.2.	NORMATIVA APLICABLE EN ESTA MATERIA	200
1.3.	DEFINICIONES EN ESTA MATERIA	201
1.4.	TIPOLOGÍA DE VÍAS DE CIRCULACIÓN.....	203
2.	ESTRUCTURA Y CUALIDADES SUPERFICIALES DE LA VÍA	206
2.1.	INTRODUCCIÓN.....	206
2.2.	TIPOLOGÍA DE LOS FIRMES.....	207
2.3.	BREVE EXPLICACIÓN DE LA SECCIÓN	207
2.4.	CUALIDADES SUPERFICIALES DE LOS PAVIMENTOS.....	209
2.5.	FALLOS Y DETERIOROS DEL PAVIMENTO.....	210
3.	EL TRAZADO DE LA VÍA	215
3.1.	ASPECTOS DE INTERÉS SOBRE EL TRAZADO.....	215
3.2.	CLASES DE CARRETERAS	217
3.3.	TRAZADO DE PLANTA.....	219
3.4.	TRAZADO EN ALZADO	220
3.5.	COORDINACIÓN DE LOS TRAZADOS EN PLANTA Y ALZADO.....	221
3.6.	SECCIÓN TRANSVERSAL.....	222
3.7.	NUDOS	225
4.	SEÑALIZACIÓN DE LAS VÍAS	227
4.1.	INTRODUCCIÓN.....	227
4.2.	SEÑALIZACIÓN VERTICAL.....	227

4.3.	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	237
4.4.	SEÑALIZACIÓN DE OBRA	241
5.	INFRAESTRUCTURA DE SEGURIDAD Y SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS	244
5.1.	TIPOS DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS. CLASIFICACIÓN	244
5.2.	PRESCRIPCIONES TÉCNICAS FUNCIONALES.....	245
5.3.	DISPOSICIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS	246
6.	MODIFICACIONES EN LA VÍA. ATRIBUTOS.....	251
6.1.	CONDICIONES TEMPORALES	251
6.2.	CONDICIONES DEL TRÁFICO	251
6.3.	CONDICIONES LUMINOTÉCNICAS DE LA VÍA. LA OSCURIDAD	252
6.4.	CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS	253
6.5.	AERODINÁMICA. ESCALA DE BEAUFORT.....	256
6.6.	DESLUMBRAMIENTO	259
6.7.	LOS COLORES Y LA SEGURIDAD	260
6.8.	OTRAS CIRCUNSTANCIAS. LAS OBSTRUCCIONES VISUALES.....	260
	CAPÍTULO V: ESTUDIO DE VÍCTIMAS Y BIOMECÁNICA.....	263
1.	INTRODUCCIÓN A LA BIOMECÁNICA DEL ACCIDENTE DE TRÁFICO	263
1.1.	DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS.....	263
1.2.	ESTUDIO MECÁNICO DE LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS.....	263
1.3.	EL TRAUMATISMO	265
2.	LOS CRITERIOS DE MEDICIÓN DE LA SEVERIDAD DE LAS LESIONES	267
2.1.	LA ESCALA ABREVIADA DE LESIONES (AIS).....	267
2.2.	OTROS INDICADORES DE LA SEVERIDAD GLOBAL DE LAS LESIONES.....	267
2.3.	CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL DE ENFERMEDADES	268
3.	RECOGIDA DE DATOS SOBRE LOS MOVIMIENTOS Y TRAYECTORIAS DE LAS VÍCTIMAS DEL ACCIDENTE: DE LA POSICIÓN INICIAL A LA POSICIÓN FINAL	269
3.1.	MOVIMIENTOS DE LOS OCUPANTES DE UN VEHÍCULO DURANTE UNA COLISIÓN	269
3.2.	MECANISMO LESIONAL DE LOS OCUPANTES EN ATENCIÓN A LAS CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS DE LA COLISIÓN.....	270
3.3.	RECOGIDA DE DATOS	276
4.	TIPOLOGÍA DE LESIONES EN FUNCIÓN DE LA REGIÓN ANATÓMICA AFECTADA	280
4.1.	MECANISMO LESIONAL EN ATENCIÓN A LA REGIÓN ANATÓMICA INTERESADA EN EL ACCIDENTE	280
4.2.	TRAUMATISMO CRANEOENCEFÁLICO	282
4.3.	LESIONES EN LA COLUMNA VERTEBRAL	283
4.4.	LESIONES TORÁCICAS.....	284
4.5.	LESIONES ABDOMINALES	285
4.6.	LESIONES EN LAS EXTREMIDADES INFERIORES.....	286
4.7.	LESIONES EN LAS EXTREMIDADES SUPERIORES.....	287
	CAPÍTULO VI: ESTUDIO DE LOS ELEMENTOS DEL VEHÍCULO	289
1.	EXAMEN GENERAL DEL VEHÍCULO	289
1.1.	INTRODUCCIÓN.....	289
1.2.	EXAMEN DEL VEHÍCULO	289
2.	EXAMEN EXTERIOR	292
2.1.	INTRODUCCIÓN.....	292
2.2.	POSICIONES FINALES DE LOS VEHÍCULOS.....	293
2.3.	MEDIDA DE DEFORMACIONES	294
2.4.	DAÑOS DIRECTOS E INDUCIDOS	302
2.5.	COMPATIBILIDAD DE DAÑOS ENTRE VEHICULOS.....	304

2.6.	DETERMINACIÓN DE LA FUERZA PRINCIPAL DE IMPACTO	307
2.7.	TRANSFERENCIA DE PINTURA	308
2.8.	VUELCO	309
2.9.	ATROPELLOS.....	310
2.10.	INSPECCIÓN DE NEUMÁTICOS.....	313
3.	EXAMEN INTERIOR	341
3.1.	INTRODUCCIÓN.....	341
3.2.	EXAMEN DE LOS ASIENTOS	341
3.3.	INSPECCIÓN DE CINTURONES DE SEGURIDAD	344
3.4.	VEHÍCULOS PROVISTOS DE AIRBAG.....	347
CAPÍTULO VII: ESTUDIO DEL ESCENARIO DEL ACCIDENTE		356
1.	MEDICIÓN Y ACOTACIÓN DEL ESCENARIO DEL ACCIDENTE	356
1.1.	IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DEL ACCIDENTE.....	356
1.2.	DESCRIPCIÓN, ACOTACIÓN Y REPRESENTACIÓN DEL ESCENARIO DEL ACCIDENTE	367
2.	ADQUISICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS MEDIANTE ENSAYOS EN LA VÍA	379
2.1.	MODIFICACIONES EN LA VÍA	379
2.2.	ENSAYOS DE FRENADA	379
2.3.	PRUEBAS DE ALCOHOLEMIA SUBJETIVAS.....	383
CAPÍTULO VIII: LA INFORMACIÓN. RECOGIDA Y REGISTRO DE DATOS		390
1.	LA INFORMACIÓN: RECOGIDA Y REGISTRO DE DATOS	390
1.1.	INTRODUCCIÓN.....	390
1.2.	MÉTODO DE TRABAJO EN LA INVESTIGACIÓN (PROTOCOLO DE INTERVENCIÓN).....	390
1.3.	FORMULARIOS DE RECOGIDA DE DATOS	395
1.4.	FUENTES DE DATOS EN LA MICROINVESTIGACIÓN	395
2.	LA INSPECCIÓN TÉCNICO-OCULAR	396
2.1.	INTRODUCCIÓN.....	396
2.2.	ESTUDIO DE VÍCTIMAS Y BIOCINEMÁTICA. REGISTRO DE DATOS	397
2.3.	ESTUDIO DEL ESCENARIO DEL ACCIDENTE. REGISTRO DE DATOS.....	399
2.4.	ESTUDIO DE ELEMENTOS DEL VEHÍCULO. REGISTRO DE DATOS.....	407
3.	EL TESTIMONIO. LA ENTREVISTA COGNITIVA (EC).....	413
3.1.	INTRODUCCIÓN.....	413
3.2.	LAS PERSONAS RELACIONADAS	413
3.3.	ASPECTOS OPERATIVOS DE LA ENTREVISTA COGNITIVA (EC).....	413
3.4.	LA INFORMACIÓN A OBTENER EN LOS TESTIMONIOS.....	413
4.	EL “PLAN DE VIAJE” (PV)	414
4.1.	INTRODUCCIÓN.....	414
4.2.	LA PREPARACIÓN	414
4.3.	LA ESTRATEGIA	414
4.4.	ATRIBUTOS	414
5.	OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN. EL PUNTUAL INFORME PERICIAL ANEXO (INPERA)	415
5.1.	INTRODUCCIÓN.....	415
5.2.	EXPERIENCIA DEL INVESTIGADOR (EXPI).....	415
6.	PROCESO DOCUMENTAL.....	416
6.1.	DOCUMENTOS DE CAMPO	416
6.2.	CUADERNO DE CAMPO.....	416
6.3.	EL BOCETO Y LA HOJA DE MEDICIONES	417
6.4.	EL ATESTADO	417

6.5.	EL INFORME TÉCNICO: PERSPECTIVA POLICIAL Y DEL ANALISTA RECONSTRUCTOR.....	420
6.6.	EL ÁLBUM-INFORME FOTOGRÁFICO	428
7.	DOCUMENTOS ESTADÍSTICOS	432
7.1.	DOCUMENTOS ESTADÍSTICOS	432
7.2.	APLICACIÓN INFORMÁTICA "ARENA"	433
CAPÍTULO IX: FUNDAMENTOS DE FÍSICA Y DINÁMICA.....		437
1.	INTRODUCCIÓN	437
2.	UNIDADES FUNDAMENTALES Y MAGNITUDES DERIVADAS.....	438
3.	CINEMÁTICA	440
3.1.	¿QUÉ ES EL MOVIMIENTO?	440
3.2.	¿CÓMO SE MIDEN LOS CAMBIOS DE POSICIÓN DE UN CUERPO?.....	440
3.3.	NOCIONES DE CÁLCULO VECTORIAL	440
3.4.	DESPLAZAMIENTO, VELOCIDAD Y ACELERACIÓN.....	445
4.1.	LEYES DE NEWTON.....	453
4.2.	FUERZA Y MASA.....	454
4.3.	FUERZA DE ROZAMIENTO	456
4.4.	LA FUERZA DE FRICCIÓN: INCIDENCIA DE LA ADHERENCIA Y ROZAMIENTO 469	
4.5.	DINÁMICA DEL MOVIMIENTO CIRCULAR	471
4.6.	LA FUERZA DEL VIENTO. AERODINÁMICA	473
4.7.	PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA CANTIDAD DE MOVIMIENTO (PCCM).....	474
4.8.	LA GRAVITACIÓN UNIVERSAL. LA FUERZA DE GRAVEDAD	476
5.	TRABAJO, ENERGÍA Y POTENCIA.....	479
5.1.	TRABAJO	479
5.2.	ENERGÍA CINÉTICA	479
5.3.	ENERGÍA POTENCIAL.....	479
5.4.	POTENCIA.....	480
5.5.	PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA (PCE).....	480
5.6.	ENERGÍA FRENANTE O DE ROZAMIENTO	481
6.	ENERGÍA DE DEFORMACIÓN	483
6.1.	INTRODUCCIÓN.....	483
6.2.	LA TEORÍA DE CAMPBELL-McHENRY	483
7.	ELASTICIDAD.....	487
7.1.	CONCEPTOS	487
7.2.	LEY DE HOOKE	487
7.3.	HISTÉRESIS ELÁSTICA.....	487
8.	EL CHOQUE.....	489
8.1.	CHOQUE PERFECTAMENTE ELÁSTICO	489
8.2.	CHOQUE INELÁSTICO	491
8.3.	CHOQUES NO PERFECTAMENTE ELÁSTICOS	491
9.	ANÁLISIS DE ATROPELLOS A CICLISTAS Y PEATONES	493
9.1.	FORMULACIÓN PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTES EN ATROPELLOS DE CICLISTAS Y PEATONES.....	493
CAPÍTULO X: INVESTIGACIÓN TÉCNICA Y RECONSTRUCCIÓN. LA BÚSQUEDA DEL CÓMO SE PRODUJO EL ACCIDENTE.....		497
1.	INFORMES PERICIALES DEL INVESTIGADOR. (SU APORTACIÓN A LA RECONSTRUCCIÓN TÉCNICA DEL ACCIDENTE).....	497
1.1.	EL INFORME FORENSE DE LESIONES.....	497
1.2.	EL INFORME PSICOLÓGICO	498
1.3.	EL INFORME MÉDICO SOBRE HISTORIAL DE ENFERMEDADES.....	498
1.4.	EL INFORME SOBRE EL FUNCIONAMIENTO MECÁNICO DEL AUTOMÓVIL ...	498

1.5.	EL INFORME SOBRE LA CONFIGURACIÓN DE LA VÍA	499
1.6.	EL INFORME DE GABINETES O LABORATORIOS CIENTÍFICOS.....	499
2.	PERITAJES DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS	500
2.1.	RECOGIDA DE MUESTRAS Y EVIDENCIAS.....	500
2.2.	REMISIÓN DE MUESTRAS Y EVIDENCIAS	502
2.3.	CURSO DEL INFORME. LAS CONCLUSIONES.....	503
3.	INFORMES DE PERITOS EN RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁFICO ..	504
3.1.	PERITOS EN RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁFICO.	504
3.2.	PERSPECTIVA JURÍDICA DEL INFORME PERICIAL	504
3.3.	ERRORES QUE HABITUALMENTE SE COMETEN EN EL EJERCICIO DE LA	
	ACTIVIDAD PERICIAL	505
4.	HIPÓTESIS SOBRE CÓMO SE PRODUJO EL ACCIDENTE	506
4.1.	INTRODUCCIÓN.....	506
4.2.	PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS	506
4.3.	JUSTIFICACIÓN DE LAS HIPÓTESIS	507
4.4.	CONCLUSIÓN	508
5.	CÁLCULOS DE FÍSICA Y DINÁMICA Y PROGRAMAS INFORMÁTICOS DE	
	RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁFICO.....	509
5.1.	CÁLCULOS ANALÍTICOS DE FÍSICA Y DINÁMICA	509
5.2.	PROGRAMAS INFORMÁTICOS DE RECONSTRUCCIÓN.....	509
CAPÍTULO XI: TEORÍA DE LA CAUSA: PERSPECTIVAS JURÍDICA Y TÉCNICA. EL		
MÉTODO. LA BÚSQUEDA DEL POR QUÉ SE PRODUJO EL ACCIDENTE.....		512
1.	EL MÉTODO	512
1.1.	EL PROBLEMA.....	512
1.2.	HIPÓTESIS SOBRE EL PORQUÉ SE PRODUJO EL ACCIDENTE	512
1.3.	JUSTIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	513
1.4.	LA IMAGINACIÓN. CREATIVIDAD INTUITIVO-ARTÍSTICA DEL INVESTIGADOR	
	514	
1.5.	DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS.....	514
1.6.	CLASIFICACIÓN DE LAS CAUSAS	515
1.7.	RELATO SECUENCIAL DEL ACCIDENTE: ITINERE DE LA RECONSTRUCCIÓN Y	
	CAUSAS APRECIADAS	516
2.	PERSPECTIVA TÉCNICA DE LA TEORÍA DE LA CAUSA	517
2.1.	INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE LA CAUSA.....	517
2.2.	EL ACCIDENTE DE TRÁFICO	517
2.3.	FACTORES OPERATIVOS O DE ACCIÓN.....	517
2.4.	FACTORES DE CONDICIÓN O DE ESTADO.....	518
2.5.	CAUSAS.....	518
3.	LA CAUSA, PERSPECTIVA JURÍDICA.....	520
2.1.	TEORÍAS DE LA CAUSALIDAD EN EL DERECHO PENAL	520
2.2.	LA IMPUTACIÓN OBJETIVA.....	522
2.3.	TOMA DE POSTURA SOBRE ESTE ASUNTO.....	522
2.4.	LA CAUSALIDAD EN EL ÁMBITO CIVIL	523
2.5.	LAS CAUSAS DE LOS ACCIDENTES DE TRÁFICO.	523
2.6.	JURISPRUDENCIA SOBRE LA CAUSA	524
ANEXO: DOCUMENTOS		526
1.	HOJAS DE DATOS	526
2.	CUADERNO DE CAMPO.....	531
3.	EL ATESTADO.....	546
4.	EL INFORME TÉCNICO	557

CAPÍTULO I: CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE EL ACCIDENTE DE TRÁFICO

1. CONCEPTO Y DETERMINACIÓN DEL ACCIDENTE DE TRÁFICO

1.1. INTRODUCCIÓN

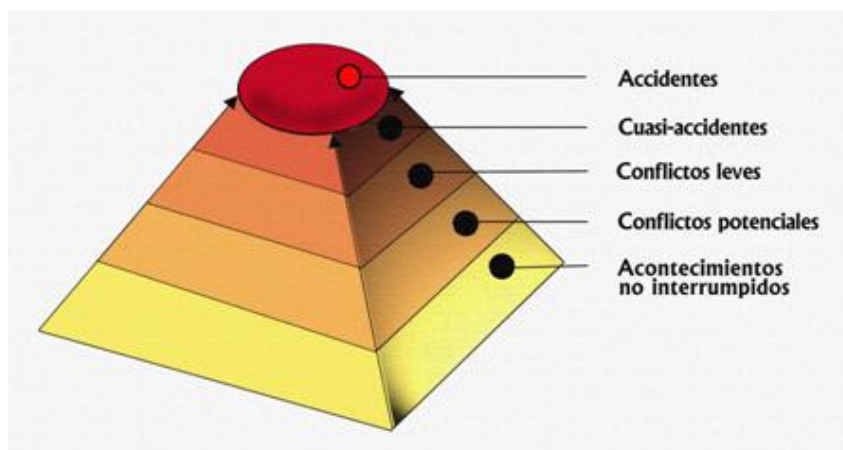
Queda claro que a cualquier profano en la materia le resulta fácil identificar un Accidente de Tráfico (en lo sucesivo AT) con carreteras, calles, lesiones o muertes, ambulancias, daños en vehículos, Policías de tráfico, noticia en los medios de comunicación social... Pero el investigador, necesita tener una idea mucho más clara y precisa de lo que realmente son los AT si su misión está directamente relacionada con la investigación de sus causas, necesitando, entonces, unos fundamentos más sólidos para desarrollar su labor.

Resulta por tanto necesario empezar por definir y por ende establecer, una terminología específica de identificación de las circunstancias que se repiten en las labores de investigación y reconstrucción de los AT, terminología que ya existe pero que dada la multiplicidad de ámbitos (Juzgados, Administración, Cuerpos Policiales, Peritos, etc.) relacionados con la Seguridad Vial y la accidentología pueden generar confusión en algún momento a más de un investigador.

1.2. CONCEPTO DE CONFLICTO DE TRÁFICO, CT

Los conflictos de tráfico equivalen a accidentes fallidos o cuasi-accidentes (Prieto Zamora, 1985), es decir, cualquier evento que se puede producir durante la conducción como consecuencia de cualquier actuación o circunstancia insegura que no ha conllevado ningún tipo de daños o lesiones, pero que comporta un elevado margen de riesgo efectivo durante el transcurso de los acontecimientos del tráfico. Es decir, se asume que hay una relación entre los cuasi-accidentes o accidentes blancos y los AT, y que la ocurrencia de los primeros indicaría la probabilidad de que también se den los segundos.

Existen muchos estudios que muestran que aquellas secciones viarias en las que se produce la acumulación de AT, también producen una gran cantidad de CT. Hyden (1987), con su “*Modelo para la evaluación de la seguridad*” (también llamada “*pirámide de seguridad*”), defiende la existencia de un continuo de gravedad desde los eventos que se desarrollan ininterrumpidamente hasta los accidentes y que los AT y los CT son parte del mismo fenómeno, y se distinguen únicamente según su mayor o menor gravedad.



Modelo para la Evaluación de la Seguridad: “Pirámide de Hyden”

1.3. CONCEPTO DE ACCIDENTE DE TRÁFICO (AT)

Para delimitar lo que se entiende por accidente de tráfico (AT) necesitamos, en principio, distinguir qué se entiende por dicho evento según las distintas fuentes, partiendo de la convicción de que no existe un solo concepto general del AT válido para todos los ámbitos. Si la expresión que se pretende definir es una de las más importantes causas de muerte en el mundo, el matizar conceptualmente los términos ayuda a comprender.

1.3.1. Concepto Teórico-Técnico.

A. Según Baker.

Baker cuando se propone definir qué es un AT, dice que *es <un hecho>, suceso o acontecimiento inesperado o impremeditado, que contiene un elemento de azar o probabilidad y cuyos resultados son indeseables o infortunados.*

B. Según el Manual de “Investigación de Accidentes de Tráfico”, de la Guardia Civil.

En estrecha relación con la definición de *accidente* (sin apellidos) del Diccionario de la Lengua Española, el citado Manual, (pág. 35) conceptúa el accidente, genéricamente considerado, como *“un suceso fortuito o eventual que altera el orden de las cosas, que involuntariamente origina daños en las personas u objetos”*.

De este concepto deduce el Manual, como circunstancias necesarias que deben concurrir para que un determinado hecho se acepte como AT, las siguientes:

- Un suceso eventual.
- Como consecuencia o con ocasión del tráfico.
- Con intervención de al menos un vehículo gobernado o no.
- Con producción de una situación anómala en el normal discurrir de la circulación.
- Con el resultado de muerte o lesiones en las personas, y/o daños en las cosas.

No obstante, el Manual estima como *principio general*, que *no puede haber accidente de tráfico en el que al menos no participe, directa o indirectamente, una persona*.

1.3.2. Concepto social, psicológico y accidentalológico.

La utilización del término *azar* que hace Baker es en la actualidad rechazada por buena parte de investigadores del campo de la seguridad vial por la connotación de imprevisible que conlleva, lo cual coincide con la creencia muy generalizada -y falsa- de que los accidentes son una cuestión de suerte y que no se pueden evitar.

Los investigadores mantienen que nada de cuanto le sucede al individuo a lo largo de su existencia se debe *sólo al azar*. Incluso los hechos más incomprensibles para nuestra inteligencia obedecen a la *causalidad*.

Sería igualmente erróneo creer que los accidentes son cosa del destino o fruto de la casualidad y que, por consiguiente, están fuera de nuestro control y no podemos hacer nada para evitarlos.

Frente a tales concepciones, los especialistas en este fenómeno descubrieron ya hace mucho tiempo que los accidentes no son en absoluto acontecimientos fortuitos, inevitables, impredecibles y dependientes de la suerte, sino que por contra en la inmensa mayoría de los casos siguen parámetros característicos de distribución; es decir, el accidente globalmente es siempre una consecuencia de algún fallo evitable y hasta cierto punto predecible del sistema (Montoro y Toledo, 1997).

Asimismo, la Organización Mundial de la Salud (OMS), define el accidente como un problema de salud; por ello, hace algunos años esta misma organización adoptó como tema de su campaña anual la fórmula “*El accidente no es accidental*”. La (OMS), en la convención de Viena, estableció con respecto a los AT el concepto según el cual son aquellos accidentes que “*ocurren o son originados en una calle o carretera abiertas al tráfico, resultando a consecuencia del mismo una o más personas muertas o heridas y en el cual hay implicado al menos un vehículo en movimiento. Se incluyen tanto las colisiones entre vehículos como entre vehículos y peatones, entre vehículos y animales u objetos fijos. Los accidentes en solitario, en los cuales no hay implicado ningún otro usuario, también se incluyen*”.

De dicho concepto, seguido en la mayoría de países en la actualidad, participa Jaime Sanmartín, sin que ello signifique para él dejar de considerar una cierta validez a la definición de Baker (1970), en cuanto al polémico párrafo que refiere que “*contiene un elemento de azar o probabilidad*”. Llega a definir el AT, reconociendo la influencia en éste de factores aleatorios, como *un proceso en el tiempo, difícil de investigar y complejo*, con la siguiente estructura:

Proceso en el tiempo: Solo sabemos cuando acaba, pero no cuando empieza.

Los factores se relacionan dinámicamente.

Difícil de investigar:

De baja frecuencia.

Influido por factores aleatorios.

Difícil de observar directamente.

Difícil de reproducir.

Complejo: Intervienen múltiples factores que se relacionan interactivamente.

1.3.3. Concepto jurídico del AT.

A. Derecho Administrativo.

La Orden del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de Secretaría del Gobierno, de fecha 18 de febrero de 1993, dispone que la Dirección General de Tráfico confeccionará la estadística de accidentes de circulación, con la colaboración de la Dirección General de la Guardia Civil y de las Policías Autónoma y Municipal en el ámbito de sus respectivas competencias, para la elaboración de la cual, se utilizará la definición recogida en el Anexo I, punto 1, que concreta los accidentes de tráfico como los que reúnen las circunstancias siguientes:

Producirse, o tener su origen, en una de las VÍAS o terrenos objeto de la legislación sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial.

Resultar a consecuencia de los mismos:

1. Una o varias PERSONAS muertas o heridas.
2. Sólo daños materiales.

Estar implicado al menos un VEHÍCULO en movimiento.

Este concepto de accidente de tráfico, sólo es operativo, como queda ampliamente expuesto, a efectos estadísticos, no afectando por tanto a las responsabilidades que se derivan del mismo.

B. Derecho Penal.

El actual Código Penal, de 1995, aunque se contiene en su interior el principio de culpabilidad, nos dice en su artículo 5, que “*No hay pena sin dolo o imprudencia*”. Relacionándolo con el *concepto de accidente de tráfico* del Manual de “Investigación de Accidentes de Tráfico” de la Guardia Civil y en concordancia con el concepto de la Orden del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de Secretaría del Gobierno, podemos deducir en principio las siguientes cuestiones:

Primera. *En el accidente de tráfico no cabe el dolo* (al menos el directo, entendido como tal cuando de manera consciente y querida, la voluntad del sujeto se dirige directamente al resultado propuesto), y *sí la imprudencia*.

Segunda. Como *consecuencia del accidente de tráfico*, se ha de producir un resultado lesivo causante de muerte, lesiones o sólo daños materiales (de cierta cuantía).

Pero para que dicho concepto de AT adquiera relevancia penal, se ha de precisar algunos conceptos y por ello hemos de analizar, fundamentalmente **la imprudencia**:

La imprudencia viene contemplada, de forma expresa en el artículo 12 del nuevo Código Penal cuando dice: “*Las acciones y omisiones imprudentes sólo se castigarán cuando expresamente lo disponga la Ley*”.

La imprudencia tiene su esencia en “*la voluntad de una conducta peligrosa*” (Luzón Domingo), viniendo referida por la moderna jurisprudencia como “*la creación de un peligro jurídicamente desaprobado o, lo que es lo mismo, la infracción de un deber de cuidado*” (STS 653/94, de 26-3).

La jurisprudencia del Tribunal Supremo (–TS- en sentencias de 04-03-96, 04-02 y 28-06-99), ha establecido dentro de los diversos grados de imprudencia –grave y leve, en la terminología del Código Penal-, que dos son los elementos estructurales que concurren en todos los accidentes de tráfico, esto es:

El *elemento psicológico o intelectual*, que depende de la previsión que tenga el sujeto activo para conocer primero y evitar después el riesgo o peligro susceptible de producir daño, elemento que se ha de concebir como poder o facultad. *Poder saber y poder evitar*.

El *elemento normativo o extremo*, constituido por la infracción en que se incurre tanto respecto de reglas o preceptos legales de carácter obligatorio y de observancia general como de aquellas normas de común y sabida experiencia, sobradamente conocidas y hasta fácilmente respetadas y guardadas en todo el contexto que supone el desenvolvimiento de la convivencia colectiva: *deber de cuidado exigible*.

En el ámbito penal del actual Código Penal Ordinario –CPO- de 1995, un AT puede tener las siguientes consecuencias en función de cual sea el resultado del mismo:

- Resultado de muerte.
- Resultado de lesiones graves.
- Resultado de lesiones leves.
- Con resultado de daños en las cosas.

C. Derecho Civil.

La legislación especial en el ámbito de la circulación, está constituida en España por el Real Decreto Legislativo 8/2004, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre responsabilidad civil y seguro en la circulación de vehículos a motor (LRCSCVM), y el Real Decreto 1507/2008, de 12 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento del Seguro Obligatorio de Responsabilidad Civil en la Circulación de Vehículos a Motor (RSORCCVM).

El Artículo 1, “De la responsabilidad civil”, de la LRCSCVM, establece que, “*El conductor de vehículos a motor es responsable, en virtud del riesgo creado por la conducción de estos, de los daños causados a las personas o en los bienes con motivo de la circulación*”.

Debe entenderse por tanto, que dos son los conceptos que van a delimitar el AT según el Derecho Civil, los conceptos de “*vehículo a motor*” y el de “*hecho de la circulación*”. El Real Decreto 1507/2008 (RSORCCVM), los define como:

“*Vehículo a motor: todos los vehículos idóneos para circular por la superficie terrestre e impulsados a motor, incluidos los ciclomotores, vehículos especiales, remolques y semirremolques, cuya puesta en circulación requiera autorización administrativa de acuerdo con lo dispuesto en la legislación sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial.*” (Art. 1).

“Hecho de la circulación: los derivados del riesgo creado por la conducción de los vehículos a que se refiere el artículo anterior, tanto por garajes y aparcamientos, como por vías o terrenos públicos y privados aptos para la circulación, urbanos o interurbanos, así como por vías o terrenos que sin tener tal aptitud sean de uso común” (Art. 2).

D. Derecho Internacional.

El Convenio sobre la Ley aplicable en Materia de Accidentes de Circulación por Carretera, hecho en La Haya el 4 de mayo de 1971, en su Artículo 1, determina por *“accidente de circulación por carretera”* a los fines del citado Convenio a *“todo accidente en que intervengan uno o más vehículos, automotores o no, y que esté ligado a la circulación por la vía pública, en un espacio abierto al público o en un espacio no público, pero abierto a un determinado número de personas con derecho de acceso al mismo”*.

Igualmente establece que *“La ley aplicable será la ley interna del Estado en cuyo territorio haya ocurrido el accidente”* (Art. 3, del Convenio).

2. INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES

2.1. INTRODUCCIÓN

Hoy día no cabe duda de la *problemática social* que constituye el AT con las enormes repercusiones en coste humano –*problema de salud pública*- y económico, que afectan, desde la economía familiar o microeconomía, a la gran economía del Estado o macroeconomía.

Las Administraciones para la reducción de tan enorme problema, actúan con medidas *Preventivas* y con medidas *Paliativas*. Si estas últimas pretenden amortiguar los efectos del accidente una vez producido, las Preventivas tienen como objetivo el evitar que se originen, aplicando para ello diferentes tácticas (**educación, formación, promulgación** de Normativa reguladora y, **reeducación**).

Para atajar esta sangría, la Administración necesita la colaboración de todos los estamentos implicados en el sector de la Seguridad Vial, pero sobre todo, necesita conocer con claridad el origen de los accidentes o mejor dicho sus concretas *causas* para, poder adoptar las mejores medidas posibles en el aspecto preventivo.

Para conocer esas causas es preciso investigar, que es *analizar un suceso*, relacionando los detalles que concurren en el mismo, para tratar de explicar la *causa* y *cómo* se produjo ese hecho, o como decía Baker es “*buscar o indagar cuidadosamente los hechos*”. Para Checa y Ceamanos (1997), en su *Diccionario de Términos de Tráfico, Circulación y Seguridad Vial*, investigación de accidentes es la “*acción tendente a establecer, con precisión, el papel de cada uno de los factores (vía, vehículo y hombre) de la circulación que han contribuido en el acaecimiento del mismo*”.

También decía Baker que los accidentes se investigan por cuatro razones principales, en función de quién haga la investigación:

Necesidad general de la sociedad y particular de los afectados de conocer las *circunstancias del accidente y las causas*.

La Policía de Tráfico, necesita saber del cumplimiento de las normas en aras de una mayor seguridad vial, indagando el accidente para emprender una *acción legal*, en su caso.

La administración de Justicia requiere conocer si hubo responsabilidad penal o civil derivada de hechos de la circulación.

La Administración desea obtener información específica para conocer mejor *cómo actuar con medidas paliativas y de prevención* de futuros accidentes.

El objeto fundamental en todo proceso de investigación, dice el Manual de Investigación de Accidentes de la Guardia Civil, es el de recoger información para sacar consecuencias. Es necesario por tanto, obtener y registrar datos del accidente para formar una explicación de cómo sucedió y cuál fue su causa, y así tomar las medidas necesarias para evitar su repetición. La investigación del accidente debe contener datos tales como:

- a. Diagramas.
- b. Declaraciones de testigos.
- c. Fotografías.

d. Materiales o hechos que puedan servir de apoyo a las conclusiones o declaraciones.

Al investigador no se le debe olvidar que cada accidente es diferente de los demás.

2.2. LA INVESTIGACIÓN-INFORMACIÓN DE LOS ACCIDENTES DE TRÁFICO

La investigación de los AT se suele realizar a dos niveles distintos de experiencia:

a. Experiencia científica. Tiene por objeto recabar datos de cuyo conocimiento se deriven mejoras para la seguridad activa y pasiva de los vehículos; mejoras en las vías, señalización e infraestructura; mejoras en la formación e información del usuario de los vías y vehículos que redunden en definitiva en una mayor seguridad vial. *b. Experiencia policial.* La labor primordial del investigador de AT policial, se divide en dos facetas simultáneas y sumamente importantes:

La encaminada a que la Justicia realice su actividad restauradora.

La investigación encaminada a que por parte de la Administración se adopten medidas preventivas y paliativas de la accidentalidad.

En todo proceso de investigación de accidentes es necesario distinguir dos aspectos:

1. El de *información del accidente*: Consiste en la obtención y registro de datos de forma objetiva que permitan conocer las circunstancias del AT, tales como:

Dónde y cuándo tuvo lugar el accidente.

Quiénes eran las personas afectadas, y lesiones de las víctimas.

Qué vehículos estaban implicados y estado de los mismos.

Circunstancias de la vía, etc.

El informe no incluye conclusiones u opiniones sobre la causa o posible infracción de los interesados, sino solamente los datos esenciales de carácter objetivo.

2. El de *investigación del accidente*: Es la obtención y registro de información para formar una *convicción mediante la* explicación de:

¿Cómo sucedió el accidente? Tipo de accidente.

¿Por qué sucedió el accidente? Causa del accidente.

¿De quién fue la culpa? Responsable penal, civil o administrativo del accidente.

La investigación es, pues, más amplia que la información y uno de sus frutos es el conocer la causa o causas de los accidentes, para:

a. Determinar la responsabilidad de los implicados (administración de justicia).

b. Evitar que éstos se repitan (medidas preventivas de la administración).

Por lo general hay siempre más de una circunstancia o condición causante de dicho accidente. El accidente es la combinación de una serie de circunstancias.

2.3. IMPORTANCIA Y CANTIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Gracias a la investigación se puede ayudar a la identificación de las condiciones que tienden a estar asociadas en los accidentes.

El Estado debe realizar la política adecuada para que los accidentes no sucedan, pero sólo puede adoptar medidas preventivas si conoce el origen, si sabe porqué se producen los accidentes. En estrecha relación con lo dicho, la Unión Europea, en el Programa de Acción Europeo de Seguridad Vial 2003-2010, se propuso luchar decididamente contra los AT en la UE, y para ello se marcó como objetivo para el año 2010, reducirlos a la mitad.

La cantidad de información que será necesario buscar dependerá de la finalidad de la investigación. Para rellenar el formulario oficial, por ejemplo el de unas diligencias “a prevención”, se precisa muy poca información. Por el contrario, si se pretende probar la existencia de una infracción, una avería, un problema de señalización, etc., los datos necesarios serán muy distintos y más numerosos.

2.4. MEDIOS

En todo tipo de investigación, y la de los AT no es un caso ajeno, el principal actor es el hombre, que con su preparación, intuición y perseverancia, está en condiciones de llegar a obtener resultados altamente satisfactorios; ahora bien, el hombre, para realizar esta labor se ha ido proveyendo de una serie de instrumentos, que le ayudan en dicha labor.

Medios humanos. El investigador, independientemente de la especialidad técnica o de la fase de investigación a él reservada, ha de poseer unas cualidades comunes que se pueden resumir en, *intelectuales*, que le permitan comprender y desarrollar los conocimientos y métodos de investigación; *técnicas*, que le posibiliten manejar el material necesario, y *artísticas*, que le permitan la creación imaginativa de la representación de los hechos y el desarrollo de nuevas formas de investigación que complementen al método y permitan el progreso del conocimiento.

Medios materiales. El material se debe agrupar según la actividad concreta a desarrollar por el especialista para la recogida, registro y análisis de datos, y la confección de los documentos a partir de ellos.

2.5. PROCESO MATERIAL

El proceso material (Lasen Paz, M., 1995), debe estructurarse en torno a dos aspectos de imprescindible intervención en la tarea de investigación, a saber, el *personal* que la realiza y el *material* de trabajo.

Del *personal* que se dedica a esta tarea, se espera tenga unas cualidades de base y unos conocimientos que le faciliten su actividad, para que a través de un periodo de formación profesional, adquiera unos conocimientos teórico-prácticos que le adiestrarán en las habilidades intelectuales y manuales que le requerirán las diversas facetas de la investigación.

La adecuada formación profesional del investigador-reconstructor, pasando por un correcto conocimiento y utilización de los medios técnicos de investigación, constituyen el proceso *material*, donde se incardina el *protocolo de intervención* cuya exposición será desarrollada más adelante.

2.6. PROCESO INTELECTUAL

El proceso intelectual lo estructura Lasen Paz en tres aspectos de la investigación del AT, tanto a efectos metodológicos como por su finalidad:

La investigación de *cómo* se desarrolló el accidente.

La investigación de los factores o concausas del *porqué* del mismo.

La dación al Juez de los elementos que precise o demande respecto al accidente para que poder determinar las responsabilidades que se deriven de los hechos.

A estos tres aspectos, debe unirse, un cuarto con el que dar cumplida información a la Administración de los datos estadísticos referidos tanto a contenidos técnicos del accidente, como a los que se refieren a las causas que los motivan, con cuya información aquélla pueda estar en mejores condiciones para implementar la política de prevención más adecuada.

3. ELEMENTOS O FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL ACCIDENTE DE TRÁFICO

3.1. INTRODUCCIÓN

Estamos ya en condiciones de avanzar en el estudio del AT, considerado éste como el resultado final de un proceso en el que se encadenan diversos eventos, condiciones y conductas. Los factores que desembocan en un accidente surgen dentro de la compleja red de interacciones entre, al menos, el *conductor*, el *vehículo* y la *vía* en unas determinadas condiciones ambientales.

Las *causas* de los accidentes las habremos de deducir por tanto, en función de los elementos o factores del accidente que en todo caso y como mínimo, son tres:

- A. EL HOMBRE y sus circunstancias psico-físicas.
- B. EL VEHÍCULO y su tecnología.
- C. LA VÍA y su entorno (incluyendo las condiciones ambientales).

3.2. EL HOMBRE Y SUS CIRCUNSTANCIAS PSICOFÍSICAS

El hombre, es el objeto final de la seguridad que se trata de conseguir en la circulación. A su vez es el elemento principal. Es el hombre quien domina o debe dominar a la máquina.

El accidente es el producto final de un complejo entramado de factores ambientales y personales. Sabemos que la conducción hunde sus raíces en el estilo de vida social y en el estado anímico del individuo. Es un hecho indudable, que una persona no está siempre en óptimas condiciones psicofísicas cuando conduce.

Sin embargo, podríamos hablar de otro conjunto de factores y alteraciones físicas y psíquicas que de forma momentánea y en todo caso transitoria, van a mermar su capacidad para la conducción. Este deterioro hace referencia a los denominados factores de riesgo (en concreto, alcohol, fármacos, drogas, estrés, depresión, sueño, fatiga, etc.), que tratamos a lo largo de próximos capítulos.

Desde la investigación de los incidentes y accidentes se ha constatado la importancia de estos factores de riesgo por su alta presencia y responsabilidad en numerosos AT (del que es ejemplo paradigmático el caso del alcohol). Por otra parte, desde la investigación teórica y experimental se ha demostrado que dichos factores merman capacidades perceptivas (aumentan el tiempo de reconocimiento, impiden el mismo, etc.), deterioran capacidades de respuestas relevantes para la actividad de conducción (enlentecen los tiempos de reacción, aumentan la distancia de frenado, etc.), y en último lugar, y no por ello menos importante, producen una errónea toma de decisiones (disminuyendo la generación de alternativas, provocando una mala elección o reduciendo la percepción de riesgo).

El hombre como protagonista en el fenómeno de la circulación puede actuar como:

- Conductor.
- Peatón, viandante o transeúnte.
- Pasajero, viajero u ocupante.

- Titular del vehículo.

Es generalizada la idea de que en la inmensa mayoría de los AT hay una actuación humana errónea, por lo que lo fundamental para iniciar su prevención será el conocimiento del origen de esos fallos humanos, que se considera pueden ser debidos a:

- Causas *físicas o somáticas*:
 1. Alteraciones orgánicas transitorias.
 2. Alteraciones o defectos orgánicos permanentes.
 3. Insuficiencias motoras.
 4. Insuficiencias sensitivas.
 5. Otras.
- Causas *psíquicas*:
 1. Falta de conocimiento o atención.
 2. Actitudes antisociales o peligrosas.
 3. Enfermedades mentales.
 4. Inestabilidad emocional o conflictos personales.
 5. Toxicomanías y alcoholismo.
 6. Sueños, cansancio, rutina, etc.
 7. Otras.
- Causas de *falta de conocimiento, experiencia o pericia*.

3.3. EL VEHÍCULO Y SU TECNOLOGÍA

Joseph Nicolas Cugnot fue el primero en aplicar el vapor al automóvil con buenos resultados. En 1769, la primera prueba de su *Fardier*, un mastodóntico vehículo, acabó estrellándose contra un muro del arsenal de París cuando Cugnot paseaba orgulloso a 3'5 km/h. Fue un día para la historia: el primer automóvil... y el primer accidente de tráfico con vehículo motorizado.

El automóvil es una de las máquinas que mejor caracterizan al siglo XX y que más influencia ha tenido en la cultura de los pueblos desarrollados. Ha modificado por completo la concepción de las distancias y los hábitos de la población, proporcionando unas hasta entonces impensables dosis de libertad individual. En 1980, el automóvil es ya casi centenario y su desarrollo tecnológico impresionante: inyección electrónica, turbo-alimentación, culatas multiválvulas, cuatro ruedas motrices, etc.

La gran protagonista de las décadas de 1980 al 2000, es la electrónica, que sirve principalmente para mejorar aspectos como el rendimiento de los motores, el confort y la seguridad. Relacionadas con este último aspecto, aparecen los airbags y las ayudas electrónicas a la conducción: ABS, controles de tracción y de estabilidad.

Con respecto a la *seguridad en el automóvil*, cabe decir que hay dos tipos:

1. Seguridad activa.
2. Seguridad pasiva.

A modo de introducción de lo que más adelante se desarrollará adecuadamente, cabe decir que el Manual de Investigación de Accidentes de Tráfico de la Guardia Civil, considera al respecto los siguientes conceptos:

- *Seguridad activa.* La componen aquellos elementos que ejercen su función mientras el vehículo está circulando y pueden ser manejados a voluntad del conductor y cuya función esencial es “evitar el accidente”.
- *Seguridad pasiva.* Aquellos elementos que sólo desarrollan su función en el momento del accidente, contribuyendo a paliar las consecuencias del mismo (disminuyendo los daños materiales y personales).

En la investigación de AT, se revisarán con la máxima atención los siguientes órganos:

- Neumáticos.
- Sistema de dirección.
- Sistema de frenado.
- Sistema de amortiguación.
- Alumbrado (de carretera y señalización).

3.4. LA VÍA Y SU ENTORNO

La vía es el elemento material más fijo o perenne, y su construcción o modificación requiere períodos largos de tiempo. Las mejoras en las carreteras simplifican la tarea de los conductores y aumentan la seguridad.

Se puede decir que la infraestructura de la carretera comprende las obras necesarias para conseguir una explanada definitiva como son las explanaciones, obras de fábrica (muros de contención y viaductos), túneles, elementos de drenaje y desagüe (cunetas, drenes subterráneos) y otros elementos accesorios. Sobre la explanada se apoya el firme y por último todos los elementos de señalización, balizamiento, iluminación y protección.

Las carreteras son obras en las cuales predomina una dimensión sobre las otras dos. El camino constituye una banda longitudinal. Para definir la carretera se necesitan:

1. Una proyección en planta de su eje longitudinal.
2. El alzado de este eje, y
3. Una serie de secciones transversales de la misma.

El trazado en planta de una carretera (proyección del eje de la carretera tal como se podría observar desde arriba) está constituido por una serie de alineaciones rectas enlazadas por alineaciones curvas, formadas por arcos con distintos radios, y unas curvas de transición que permiten una variación gradual de la curvatura, estas curvas de transición se conocen geométricamente como clotoides.

El alzado, como lo contemplaría un observador situado en un lateral del mismo, forma una línea poligonal con vértices redondeados mediante curvas de acuerdo parabólicas (cambios de rasante). Los tramos con inclinación positiva en el sentido de la marcha de los vehículos (los vehículos los recorren subiendo) se denominan rampas, mientras que si la inclinación es negativa (bajando) se denominan pendientes.

Por último las secciones transversales son cortes imaginarios perpendiculares al eje, que muestran las características de las distintas capas que componen la carretera.

Dentro del factor vía consideramos además las *condiciones de su entorno* (climatológicas: lluvia, viento, nieve, etc.; ambientales: afluencia masiva de viandantes en una travesía o calle, humo, polvo, etc.), que le afectan de forma fundamental.

Desde el punto de vista de la investigación de accidentes, dentro del factor vía, se debe estudiar y considerar principalmente:

- El trazado de la vía.
- La clase de firme.
- Las características de la vía.
- La señalización.

3.5. OTROS FACTORES CONCURRENTES

Aunque en el pasado los esfuerzos de la seguridad vial se centraron en los automóviles y en las vías, en los últimos años el énfasis se ha desplazado hacia el fomento de un comportamiento más seguro por parte del usuario de la vía.

3.5.1. Supervisión policial y el sistema sancionador

La supervisión policial ha de entenderse como la labor que desarrolla la Administración, a través de los Agentes encargados del Tráfico, y que tiene una relevante incidencia en el desarrollo de la circulación rodada (Dr. Montoro).

La experiencia y la investigación respecto de la conducta vial ha demostrado, que es totalmente imprescindible la utilización de algún tipo de constricción social, de carácter aversivo, impuesta por ley y controlada de alguna manera, que sirva para asegurar que los conductores van a observar y respetar las mismas reglas, cuando manejan un vehículo o deambulan como peatones (Wilde, 1976; Summala y Näätänen, 1980).

La supervisión policial, defiende las normas de la sociedad, haciendo que se cumpla la normativa imponiendo sanciones cuando son violadas las leyes. Es la amenaza de estas sanciones la que incita a la mayoría de usuarios de la vía a cumplir la legislación. Rothengatter (1982) en una revisión de la literatura, sobre los efectos a corto plazo del *control y supervisión policial* en la conducta de conducir, identifica tres tipos de efectos:

- *Efectos de la exposición*, cuando un conductor ve a la policía, puede tener un impacto sustancial en elementos tales como la velocidad, la elección de carril, los adelantamientos y el acatar la señal de los semáforos, pero el efecto funciona en estrechos rangos de tiempo y distancia.
- *Efecto de memoria*, cuando un conductor realiza el mismo tramo de vía, se ha medido que perdura el efecto al menos dos semanas.
- *Efecto de “halo” general*, cuando el *control y la supervisión policial* influye en la conducta a lo largo de una amplia área geográfica.

En definitiva, de entre las estrategias para el cambio conductual, el *control y la supervisión policial*, junto al *sistema sancionador*, es una parte crítica en cualquier programa de seguridad vial efectivo y bien controlado.

3.5.2. La normativa y legislación

Las administraciones también inciden y de forma relevante en la circulación rodada, promulgando *normas de ordenamiento del tráfico* que afectan: a los usuarios de la vía; a los fabricantes de vehículos, y a las condiciones de construcción y mantenimiento de vías.

La función básica de las normas es la de permitir a los conductores o peatones prever la conducta de los demás usuarios, pero también es el mecanismo básico para intentar influir en la conducta del usuario de la vía (ejemplos en nuestro país son el Reglamento General de Circulación y Ley de Tráfico y Seguridad Vial o el Reglamento General de Vehículos, etc.). Así la norma, desde cualquier perspectiva, se convierte en uno de los elementos más vitales para garantizar una mayor seguridad en las ciudades y carreteras (Tunc, 1981).

Se puede establecer que la normativa y la legislación funcionan de dos formas:

- Desde su *efecto declarativo*: estableciendo normas socialmente aceptables.
- Desde su *efecto disuasorio o represivo*: imponiendo sanciones a los infractores, un efecto que lograremos a través del control y la supervisión policial.

Ambas influencias dependen de otras acciones. Así, el efecto declarativo depende de la educación y la comunicación-información. La disuasión, por el contrario, depende de “*el control y la supervisión policial*”.

Es interesante matizar en el campo de la legislación en el tráfico, que junto a las *normas formales* de tráfico, existen también -como en cualquier otra situación de interacción social- un importante conjunto de *reglas informales*, que también cumplen un relevante papel en la regulación del comportamiento de los usuarios de las vías. Estas normas, generadas socialmente están presentes en el comportamiento de los conductores y funcionan en determinadas situaciones y lugares.

Aunque una nueva ley tenga un impacto significativo, en sí misma tiene una influencia limitada. El efecto inicial declina rápidamente y la legislación necesita de apoyo a lo largo del tiempo si realmente quiere un cambio permanente de la conducta del usuario de la vía.

El buen efecto de la legislación puede ser reforzado a través del control y supervisión policial, e incluso por un sistema de sanciones realmente efectivo que ayuden a crear una disuasión creíble que incite a desarrollar el hábito del cumplimiento.

3.6. CONCEPTO DE UNIDAD DE TRÁFICO. ELEMENTOS ANÁLOGOS

3.6.1. Unidad de tráfico. (Concepto).

Como principio general, admitimos que “*no puede haber AT en el que al menos, no participe directa o indirectamente una persona*”. Establecido lo anterior, definimos la unidad

de tráfico como: *“Toda persona que haga uso de la vía pública con o sin vehículo, cualquiera que sea éste”*.

Por *elementos análogos* y a los solos efectos de estudios casuísticos y de representación gráfica, puede entenderse *“cualquier animal, artefacto u objeto que interfiera la normal circulación rodada en las carreteras y por tanto llegue a interaccionar con los demás elementos o factores que intervienen en el accidente”*.

Evidentemente, en estos elementos han de ser considerados su origen, trayectoria, posición de conflicto y posición final.

4. TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN DEL AT

4.1. LA CADENA DE SUCESOS

Cuando se investiga un accidente, hay que partir de las distintas fases individuales que lo integran. Como decía *Stannard Baker* “*normalmente, un suceso conduce a otro*”. Algunos de los siguientes hechos o eslabones ocurren en todos los accidentes, otros, raramente: *Preparación*. Del viaje, desde el descanso previo, revisión de los elementos mecánicos y de seguridad del vehículo, hasta la elección del itinerario, así como de las modificaciones producidas en el viaje (*preparación y estrategia*).

Percepción del peligro. Es comprender la situación imprevista que pudiera tomarse como indicio de que está a punto de producirse un accidente (*identificar el peligro*).

La invasión. Acto de ocupar el espacio destinado a otra *unidad de tráfico*.

La decisión. Reflexión que realiza el factor humano (conductor o peatón), para decidir qué acción evasiva llevar a cabo, para soslayar el peligro (*toma de decisión*).

La acción evasiva. Acción realizada para evitar un peligro (*táctica evasiva*). Es la *reacción* del factor humano a su percepción y constituye el término de su *tiempo de reacción*.

Posición clave. Posición a partir de la cual el único y posible resultado positivo de la acción evasiva será conseguir minimizar las consecuencias del accidente.

Contacto inicial. Es el primer contacto accidental de una *unidad de tráfico* en movimiento con otra o con un elemento análogo u objeto.

Máximo enganche. Es el contacto o solape máximo en una colisión.

Desenganche. Separación de las *unidades de tráfico* que colisionaron.

Posición final. Es el punto de reposo de las *unidades de tráfico* implicadas.

4.2. LA POSICIÓN

Dentro del Modelo explicativo de la Teoría de la Evolución del Accidente, la Posición nos plantea, el desarrollo secuencial que se produce en la inmensa mayoría de los accidentes. El AT, a pesar de su rapidez, no se produce de una manera instantánea sino que sufre una evolución que se desarrolla en *el tiempo* y en *el espacio*.

4.2.1. El tiempo

Durante el cual se *desarrolla el accidente*, ha de ser reconstruido *secuencialmente* a base de: “*MOMENTOS*” en los que las personas que intervienen en el accidente *han debido de obrar de una manera determinada*.

4.2.2. El espacio

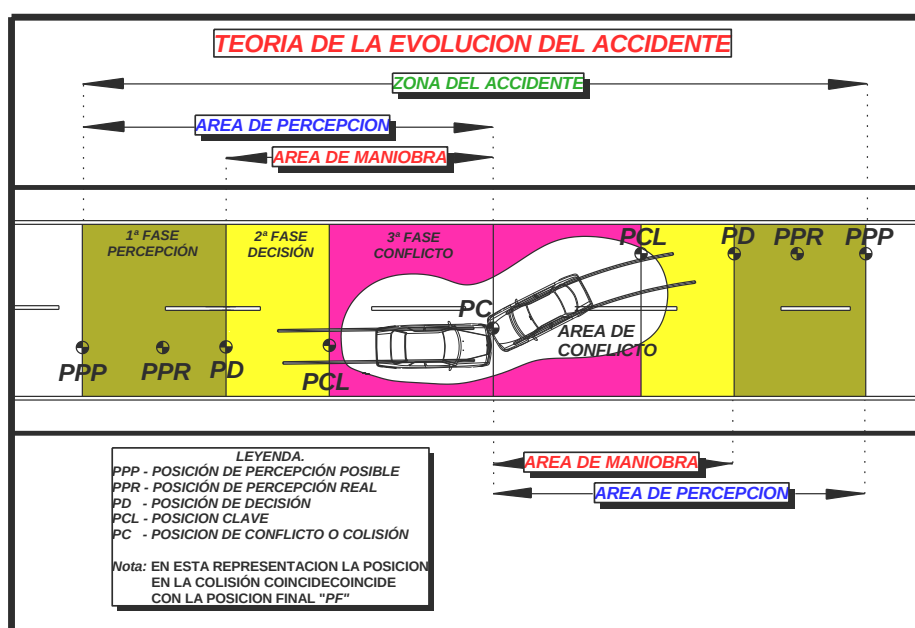
Es decir, el tramo de vía en el que *se desarrolla el accidente*. Existirán *lugares*, “*Posiciones*”, “*fases*”, “*áreas*”, en las que los hechos se producen y, dentro de ellas, determinados “*PUNTOS*”, lugares *donde situar acciones concretas*.

4.2.3. La Posición

El conjunto de un “*momento*”, es decir, *tiempo* en el que el *HOMBRE* ha debido obrar de una manera determinada, y un “*punto*”, *espacio físico* donde situar acciones, será la “*POSICIÓN*”.

La posición supone analizar esa conjunción de espacio y tiempo, en la que se deben relacionar los hechos objetivos plasmados en el *punto* –huellas y vestigios–, con los hechos subjetivos que se debieron hacer en un *momento* determinado, , y en caso contrario, el porqué no se hizo –fundamentalmente, *táctica evasiva* llevada a cabo–.

La unión de varias posiciones dará lugar a una “*fase*” del accidente. Varias fases forman un área y la unión de todas ellas la zona del accidente.



Teoría de la Evolución del Accidente

Dentro de la Teoría de Evolución del Accidente, *se puede considerar a las posiciones* –los de forma imprecisa denominados “*puntos*”– *como los elementos más determinantes de la investigación-reconstrucción de accidentes*, conociéndose como tales los siguientes:

A. Posición (“punto”) de percepción posible (PPP). Llamamos como tal al *momento* (tiempo) y *lugar* (punto) *donde el movimiento o condición inesperada* (concretamente la que se produjo en el accidente) *puede haber sido percibido* (reconocido) por una persona normal (persona que “libre” de la “influencia” de “sustancias extrañas” o enfermedades súbitas).

Generalmente el (“punto”) PPP es objetivo y se podrá comprobar sobre el terreno en la *inspección técnico-ocular*, describiéndolo y midiéndolo con respecto al eje longitudinal de la calzada, expresando la distancia que lo separa del Punto de Conflicto (PC).

B. Posición (“punto”) de percepción real (PPR). Como el *momento y lugar* en el cual el factor humano percibió realmente por primera vez el peligro o la situación anormal.

El (“punto”) PPR es subjetivo y por tanto difícilmente determinable. Puede coincidir con la PPP en el caso de que el conductor vaya atento a las exigencias del “Sistema”. En el caso de que sea posible saber la velocidad inicial mediante cálculos por la presencia de huellas de frenada, energía de deformación, principio de conservación de la cantidad de movimiento, etc., se podrá determinar de una forma científica y objetiva su ubicación, la que se describirá y medirá, siguiendo el mismo procedimiento que en el punto anterior.

C. Posición (“punto”) de decisión (PD). Aquel *momento y lugar en el que el conductor o el peatón reaccionan ante el estímulo exterior*, es decir, inicia la acción de la decisión que ha adoptado, habitualmente en forma de *maniobra evasiva*. Generalmente fácil de determinar, se describe y mide de igual forma que en los puntos anteriores.

D. Posición (“punto”) clave (PCL). Se entiende que es el *momento y lugar en el cual el accidente resulta inevitable* y se producirá independientemente de la voluntad del hombre.

E. Posición (“punto”) de conflicto (PC). Entendida como el *momento y lugar en el que se consuma el accidente* y que estará, en la mayoría de las ocasiones localizado sobre la plataforma. Generalmente es de fácil deducción (por las huellas y/o vestigios observar).

F. Posición (“punto”) final (PF). Es aquella que adoptan las personas, vehículos y objetos cuando llegan a la inmovilidad tras el evento.

4.3. CONCLUSIÓN AVANZADA

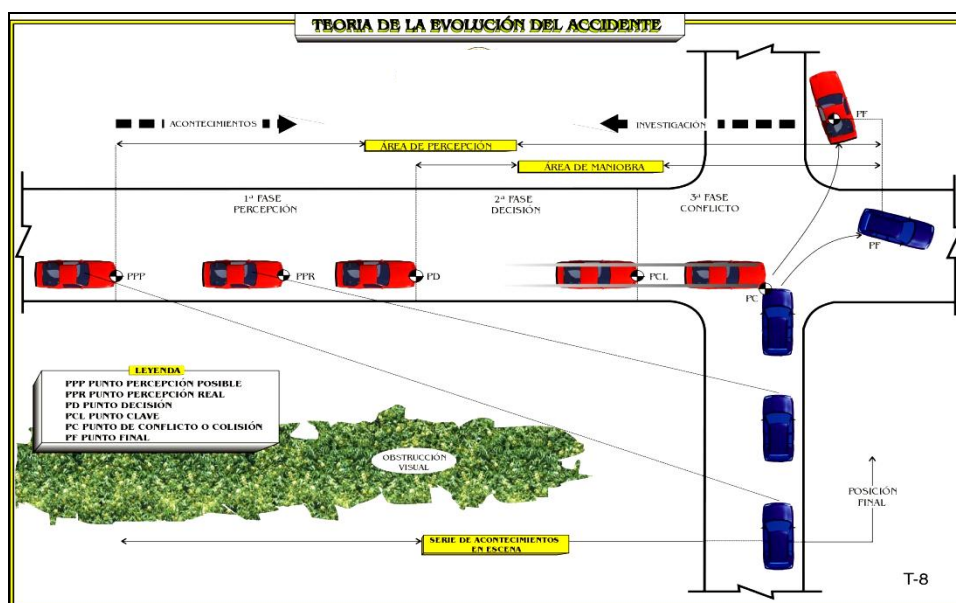
Antes de continuar con la Teoría de la Evolución del Accidente, es conveniente recapitular, con respecto a posiciones y puntos, lo siguiente:

1º. Cuando el investigador habla de un **punto**, se está refiriendo exclusivamente a una ubicación física –*lugar*- sobre la vía, donde situar acciones concretas, sin más connotaciones. Si el punto es un lugar físico (*condición*), no cabe estudiar en él *la acción* que debió hacer, la que realmente realizó, o la omisión de acción.

2º. Cuando el investigador se refiere a una **posición**, esta hablando de la combinación de *tiempo y lugar*, en el que se esperan determinados comportamientos. La posición comprende, como ya se ha dicho, el estudio natural de *la acción*:

- a) Cuál debió hacer.
- b) Cuál fue la que realmente realizó (generalmente objetivizada en el *punto*).
- c) Por qué no realizó acción alguna.

3º. Esta **cadena de sucesos**, no siempre ocurren en el mismo orden, ni en todos los accidentes se producen todos los sucesos mencionados.



Teoría de la Evolución del Accidente

4.4. INVESTIGACIÓN DE INTERVALOS

Conocidas las *posiciones secuenciales* de la evolución del accidente, a continuación desarrollaremos las posibilidades de investigación que éstas nos proporcionan, según el orden que generalmente y de forma cronológica, se producen en la mayoría de los AT:

A. Intervalo de PERCEPCIÓN. En base a la separación, existente entre la **PPP** y la **PPR** (distancia entre puntos de percepción), el investigador tiene un *INTERVALO* para:

1. *La investigación psíquica y somática de los agentes intervinientes, y*
2. *La investigación física de las condiciones ambientales.*

La diferencia entre las POSICIONES, nos determinará el:

3. *Grado de atención.*
4. *La posibilidad de maniobra.*

Si dicha separación es grande, cabe pensar con muchas posibilidades de acierto, que el conductor iba *DISTRAÍDO*.

En la investigación de este *INTERVALO*, en *tiempo* y *espacio*, además de recabar, cuando fuere necesario, *datos médicos* con finalidad de investigar al elemento humano, a través de testimonios el investigador obtendrá información sobre las condiciones ambientales y, sobre todo, con respecto al *grado de atención en el momento de encontrarse en la PPP*, para lo cual, formulará **preguntas del tipo** siguiente:

1. *“Cuáles eran las condiciones de la circulación en ese <momento>, en la carretera”.*
2. *“Cuáles eran las condiciones en ese <momento>, en el interior del vehículo”.*
3. *“Cuál fue el primer momento y lugar en que (el conductor o peatón) tuvo conciencia del peligro”* (PPR, en la Evolución del accidente).
4. *“A cuanto , o cómo, cree Vd., que circulaba (referido a su velocidad)”*

5. *“Hacia dónde prestaba su atención, en ese <momento>”.*

B. Intervalo de DECISIÓN. En base a la *distancia* entre la **PPR** y la **PD**, se debe:

1. *Investigar psíquica y somáticamente al conductor, insistiendo en sus conocimientos, experiencia y reflejos.*

Si esta distancia es grande, hemos de pensar en unas *reacciones lentas, poco enérgicas, fundadas en una demora en adoptar una decisión o en ejecutarla* (ej. influencia de retardo del alcohol).

C. Intervalo de EVASIÓN. Entre la **PD** y la **PCL**, se llevan a cabo las *Maniobras Evasivas* con el fin de evitar o minimizar sus consecuencias.

El investigador debe estudiar aquí:

La pericia del conductor, sus conocimientos de acción evasiva, el estado de funcionamiento de los principales órganos del vehículo y las condiciones ambientales.

Para ello formulará preguntas tipo:

6. *“Qué hizo exactamente, si es que hizo algo, para evitar el accidente”*

7. *“Qué ocurrió luego”*

8. *“Qué es lo último que recuerda antes del accidente”*

D. Intervalo CLAVE. Entre la **PCL** y la **PC**. En este *INTERVALO* el accidente ya resulta inevitable y sólo cabe, realizar una *maniobra evasiva de minimización* de resultados.

La circunstancia de existir una *pequeña diferencia de espacio y tiempo* entre la **PPP** y el **PC**, *exculpará (en una generalidad de casos) de responsabilidad al conductor*, y se habría producido la *secuencia Percepción-Efectos*.

E. Intervalo de CONFLICTO. Entre el **PC** y la **PF**, el **AT** ya se ha producido, pero aún estamos en las *áreas de percepción y de maniobra* y por tanto cabe la *posibilidad de observar, modificar las trayectorias post-colisión y minimizar las consecuencias*.

En este espacio es importante formular *preguntas tipo*, como:

9. *“Qué es lo primero que recuerda después del accidente”*

10. *“A quién vio primero después del accidente; qué le dijo”, etc.*

Como vemos, hemos obtenido diez preguntas que pretenden ser el núcleo de una extensa batería de ellas que estará en función de las singularidades del accidente a estudiar.

4.5. FASES DEL ACCIDENTE

En la *clasificación tradicional* aceptada mayoritariamente de **AT**, se pueden distinguir:

A. Fase de REACCIÓN, delimitada inicialmente por el **PPP** y que finaliza en el **PD**. En esta fase, desde que el conductor o peatón *percibe y reconoce* el peligro (**PPR**) hasta que actúa con el fin de soslayarlo o minimizarlo (**PD**), transcurre un tiempo, que da nombre a la fase y que es el **TIEMPO DE REACCIÓN**.

Ese período de tiempo, según el estudio que recoge el texto de “Investigación de Accidentes de Tráfico”, consta de tres *secuencias*:

1. **“La llegada”** (percibir e identificar) de los estímulos exteriores, a partir de la PPP o en todo caso de la PPR; principalmente a través de la vista, el factor humano percibe en una primera fase una situación y, en una segunda, la identifica como peligro inminente y concreto.

2. **“La intelección”** (toma de decisión), secuencia durante la cual el conductor o peatón elabora los medios en forma de maniobras evasivas para soslayar el peligro.

3. **“La volición”** (ejecutar), durante la cual la voluntad del usuario se decide a actuar y llevar a la práctica las acciones o maniobras decididas en la secuencia anterior.

Estas secuencias transcurren durante el *tiempo de reacción* y se sitúan a caballo de las fases de Reacción y Decisión; el tiempo de reacción es variable y oscila con arreglo a la edad y al estado psicofísico, estimándose por la mayoría de los investigadores en una horquilla de 0,4 a 2 segundos, y para una persona “normal” entre 0.75 y 1 segundo (segundo del miedo).

El tiempo puede verse *alterado por la influencia del alcohol u otras sustancias*.

La Revista “Tráfico”, núm. 143, julio-agosto 2000, página 18, con respecto al *tiempo de reacción* recoge otro estudio más completo, al considerar la *toma de decisión*, importantísima con respecto al estudio del factor humano. En este estudio se dice que este tiempo es *el resultado de la suma de varios momentos que se conocen con las siglas PIEV*:

- a. **PERCEPCIÓN**: Momento en el que se tiene noción (*percibir*) de que ocurre algo.
- b. **INTELECCIÓN**: Identificación del suceso como un riesgo o peligro (*identificar*).
- c. **EMOCIÓN**: Decisión de la respuesta apropiada (*tomar la decisión*).
- d. **VOLICIÓN**: Se ejecuta la acción decidida (*ejecutar*).

<u>Fase</u>	<u>Pocos reflejos</u>	<u>Buenos reflejos</u>
* Percepción	0'2	0'1
* Intelección	0'4	0'2
* Emoción	1	0'2
* Volición	0'5	0'2
Total.....	2'1	0'7

B. Fase de DECISIÓN, entendida como aquella en la que lograda la *percepción* real y transcurrida la fase de reacción, se inicia (con la *volición*) la puesta en práctica de la *decisión* adoptada (*ejecuta*), por lo que se encuentra delimitada inicialmente por el PD y finaliza en el PCL.

Como resultado directo de lo anterior, en esta fase se estudia la **MANIOBRA DE EVASIÓN**, como aquella que efectúa el usuario para evitar que el accidente se produzca. Estas maniobras consistirán en una o combinación de varias de las siguientes acciones:

- a. Frenada severa, reducción de velocidad (levantando el pie del acelerador en los “subvirajes”, o cambiando de velocidad).
- b. Hacer o deshacer el “contravolante” en los “sobrevirajes”.
- c. Desvío a la izquierda, desvío a la derecha, etc.

En ocasiones, la maniobra consiste en elegir un accidente menor (*minimizarlo*).

C. Fase de CONFLICTO, comprendida entre el PCL y la PF. Es la culminación del AT y comprende el último período de la evolución de éste, desde que resulta inevitable, pasando por el momento en el que se produce el máximo efecto hasta llegar a la posición final de las unidades de tráfico implicadas, o lo que es lo mismo, a su conclusión.

4.6. ÁREAS DEL ACCIDENTE

Dentro de la evolución del accidente podemos distinguir tres áreas:

A. Área de PERCEPCIÓN, la comprendida entre el PPP y la PF (el conductor o peatón “puede” percibir todo el proceso en el que se ve implicado –desde el punto de vista teórico y salvo lesión que lo impida-).

B. Área de MANIOBRA, comprende desde el PD, a la PF. *Dentro de este área se encuentra siempre la PD*, es decir, la ejecución de la maniobra evasiva.

C. Área de CONFLICTO, está comprendida entre el PCL y la PF.

4.7. CONCLUSIÓN FINAL

Como vemos, el Modelo Explicativo de la *Teoría de la Evolución del Accidente* nos ha planteado el marco metódico de las cuestiones a investigar (y por tanto datos a recoger), de una forma exhaustiva, cuantitativa y cualitativa, por lo que habrá de ser tomada en cuenta a la hora de llevar a la práctica la *Inspección Técnico-Ocular*, la obtención de Testimonios, el Plan de Viaje y Otras fuentes, para que tras su análisis nos pueda llevar a una correcta determinación de la causa o causas del accidente que estamos investigando.

5. EL CASO FORTUITO. LA FUERZA MAYOR. LA AVERÍA

5.1. INTRODUCCIÓN

Como quiera que el resultado de la labor de investigación de AT que lleva a cabo el investigador, casi siempre conduce y acaba ante la Autoridad Judicial y Administración Civil, no debe olvidar (el investigador) que la variada casuística de hechos que pueden ser razón para la exoneración de la responsabilidad, le obligan a precisarlos con enorme y exquisita exactitud.

5.2. CAUSAS DE EXONERACIÓN DE LA RESPONSABILIDAD EN LA LRCSCVM

El Real Decreto Legislativo 8/2004, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre responsabilidad civil y seguro en la circulación de vehículos a motor en lo sucesivo LRCSCVM, introduce en la misma, modificaciones que afectan a las causas de exoneración de la responsabilidad.

El Artículo 1, *De la responsabilidad civil*, queda redactado de la forma siguiente:

“1. El conductor de vehículos a motor es responsable, en virtud del *riesgo creado* por la conducción de estos, de los daños causados a las *personas* o en los *bienes* con motivo de la circulación.

En el *caso de daños a las personas*, de esta responsabilidad sólo quedará exonerado cuando pruebe que los daños fueron debidos únicamente a la *conducta o la negligencia* del perjudicado o a *fuerza mayor extraña a la conducción o al funcionamiento del vehículo*; no se considerarán casos de fuerza mayor los *defectos del vehículo* ni la *rotura o fallo de alguna de sus piezas o mecanismos*.”

Los casos de *fuerza mayor* o *caso fortuito*, no serán causa de exoneración de responsabilidad respecto a los daños corporales, salvo en el supuesto de que el accidente de tráfico sea debido a *fuerza mayor ajena al funcionamiento del vehículo*.

5.3. LA FUERZA MAYOR

El Manual de Investigación de Accidentes de Tráfico de la Guardia Civil, dice que son accidentes por *fuerza mayor*, “*aquellos que sobrevienen debido a la acción inesperada de la naturaleza*”. Cita como modelo de este tipo de AT, cuya *CAUSA PRINCIPAL* o *EFICIENTE* (“aquella sin la cual el accidente no se hubiera producido”. Definición de *causa* de J.S.Baker), hubiera estado originada en la *fuerza mayor*, entre otros, los siguientes:

1. Aparición de una grieta en la calzada, debido a un corrimiento de tierras, desprendimiento, terremoto o cualquier otro elemento natural.
2. Inundaciones, riadas.
3. Incidencia de rayos sobre algún vehículo.
4. Cualquier otro supuesto similar.

Considera además, como *principios generales*, que para eximir de responsabilidad al presunto causante de un AT, se requiere que el mismo haya sido *inevitable e imprevisible*.

1. Si un accidente fue *inevitable* pero *previsible*, implica cierta asunción de riesgo y con ello, algún grado de imprudencia del conductor responsable.
2. Si el accidente fue *imprevisible* pero *evitable*, también hay cierta responsabilidad.

Pues bien, si nos adentramos en el Código Civil, empezando por el artículo 1105 CC, vemos que se exonera de la responsabilidad (tanto contractual como extracontractual) de *aquellos sucesos que no hubieran podido preverse, o que, previstos, fueran inevitables*.

El principal efecto de la consideración de la *fuerza mayor* ajena a la circulación de vehículos es la liberación de la responsabilidad siempre que sea ésta la única causa del accidente.

5.3.1. Definición de fuerza mayor

Seguimos en este punto a Díez-Picazo, que en base al CC y legislación que regula la responsabilidad objetiva, define la *fuerza mayor* como “*el acontecimiento externo al círculo de actuación del agente, que reúne las notas de imprevisibilidad o de inevitabilidad*”.

5.3.2. Concepto de fuerza mayor según la jurisprudencia

La jurisprudencia establece como condiciones necesarias para su consideración:

- *Que el hecho sea imprevisible* (o que previsto fuera inevitable) *e insuperable*.
- *Que dicha fuerza mayor sea la única causa del accidente* (entendida como causalidad entre el daño producido y el evento que lo produjo).
- *Que exista ausencia de imputabilidad y, por tanto, de responsabilidad alguna del conductor del vehículo implicado*. Debe ser entendido no sólo en el sentido de que sea una conducta reprochable, sino en el de evitar y prever el accidente (STS de 22 de abril de 1987).
- *Que exista prueba de dicho extremo*. Recae sobre el conductor, el propietario del vehículo, o la aseguradora la prueba rigurosa de que el hecho se debió únicamente a esa *fuerza mayor extraña a la conducción o al funcionamiento del vehículo*.

5.3.3. Concepto de fuerza mayor según la Doctrina

La Doctrina discute, según los casos, que se trate de un supuesto de *fuerza mayor* extraña a la conducción o no. Siguiendo a REGLERO, existen dos corrientes doctrinales:

- De interpretación *restrictiva*.

Según ésta se requiere, para que un supuesto constituya *fuerza mayor*, que el acontecimiento “*sea extraño a la circulación del vehículo o vehículos intervinientes en el accidente*”, siendo exigible en ellos la imprevisibilidad del acontecimiento. Ejemplos: irregularidad del estado de la vía, irrupción de animales, etc.

- De interpretación *amplia*.

En esta se recoge que “*todo evento ajeno no a la conducción o circulación del o de los vehículos intervinientes, sino ajeno al fenómeno circulatorio en general*” se puede englobar en la categoría de *fuerza mayor*. De esta forma constituyen *fuerza mayor* todos los hechos realizados por tercero que son ajenos al riesgo inherente a la circulación (STS de 17

de noviembre de 1989). Ejemplos: actos de terrorismo, guerras, fenómenos de la naturaleza, etc.

5.3.4. Casos particulares

Nos podemos encontrar los siguientes:

- *Si la fuerza mayor ajena al vehículo es la única causa del accidente.*
 El conductor del vehículo quedará exento de responsabilidad.
- *Si además de la fuerza mayor ajena al vehículo, concurre una actuación de un agente dañador.*

La responsabilidad recaerá sobre este conductor por el daño (por él) ocasionado, a menos que acredite la falta de vínculo causal entre su actuación y el resultado acontecido (STS de 7 de mayo de 1993; SAP de Soria de 28 de marzo de 1996).

- *Cuando la fuerza mayor causa un daño a un vehículo inmerso él sólo en el accidente.*

Nuestro ordenamiento no concede indemnización alguna al conductor del vehículo implicado en un AT producido por *fuerza mayor* aunque no exista el mínimo reproche de culpa imputable al sujeto. Ejemplos:

- a. Un vehículo en circulación, debido al fuerte viento colisiona contra otro vehículo, resultando el conductor (del otro vehículo) lesionado, dicha víctima recibirá una indemnización.
- b. Un vehículo en circulación, debido al fuerte viento, colisiona contra un árbol, resultando el conductor lesionado, dicha víctima no recibirá indemnización.

5.3.5. Supuestos de fuerza mayor según la jurisprudencia

De nuestra jurisprudencia se infiere una interpretación restrictiva en la apreciación de la *fuerza mayor*, y ha venido reconociendo como causa de *fuerza mayor extraña a la conducción o al funcionamiento del vehículo*, los siguientes hechos:

- *Fenómenos de la naturaleza.*

No siempre que estemos en presencia de un AT donde resulte implicado un fenómeno atmosférico puede considerarse *fuerza mayor*, pues para ello se requiere que la intensidad en que acaece sea excepcional. Además, se exige que no sea posible reprochar al conductor del vehículo la adopción de medidas de precaución adecuadas para evitar el accidente.

- *Animales desbocados.*

En los supuestos en que el AT es originado por la colisión del vehículo con un animal desbocado (que surge de manera inopinada e imprevisible), los tribunales vienen apreciando la existencia de *fuerza mayor*, exonerando de responsabilidad al conductor del vehículo.

- *Sustracción del vehículo.*

Un vehículo sustraído origina un accidente. Hay que partir de las circunstancias del supuesto: si el robo es imputable al dueño del vehículo (lo deja con las llaves puestas en un lugar de alta criminalidad), no sería posible apreciar la existencia de *fuerza mayor*.

5.3.6. Excepciones a los supuestos de fuerza mayor según la jurisprudencia

Se citan a continuación las excepciones más frecuentemente desestimadas por los tribunales como exoneración de responsabilidad a consecuencia de la *fuerza mayor*.

- *Mal estado de la calzada.*

Ya que “*todo usuario de la vía ha de atemperar la conducción al entorno circunstancial concurrente, extremando, en su caso, el cúmulo de cautelas exigibles*” (SOTO NIETO). Cuando el AT es consecuencia del mal estado de la calzada, no existe *fuerza mayor*.

- *Deslumbramiento.*

Como regla general, en los supuestos en los que el AT resulta del deslumbramiento ocasionado por las luces de otro vehículo, no debe considerarse la existencia de *fuerza mayor*, pues el conductor debe “*disminuir la marcha suficientemente*” tanto para no ser deslumbrado como para no deslumbrar a otros (MAZEAUD Y TUNC), sin perjuicio de la posible concurrencia de culpas cuando el vehículo con luces deslumbrantes circulase con un alumbrado no adecuado o existe una defectuosa regulación de las mismas.

- *Rotura de mecanismos.*

La jurisprudencia es unánime al rechazar la rotura de mecanismos como constitutivos de *fuerza mayor*. La LRCSCVM en su artículo primero, párrafo segundo, niega categóricamente la consideración de los “*defectos del vehículo, rotura o fallo de alguna de sus piezas o mecanismos*” como constitutivos de supuestos de *fuerza mayor*.

- *Reventón de neumáticos.*

Al igual que en el caso anterior, la jurisprudencia rechaza como constitutivos de *fuerza mayor* el supuesto de reventón de neumáticos (STS de 19 de octubre de 1988).

5.4. EL CASO FORTUITO

Recoge el Manual de Investigación de Accidentes de Tráfico de la Guardia Civil, que debe entenderse por accidente debido a *caso fortuito* a, “*aquellos que sobrevienen de situaciones que, sin proceder de catástrofes, no permiten otro obrar humano*”. Son los hechos que no son iniciados por elemento natural alguno, y en cambio, aportan una intervención del factor humano, de tercera persona, de un modo remoto o indirecto.

Presenta dicho texto, a modo de ejemplo los siguientes:

- Deslizamiento debido a una mancha de aceite o similar.
- Colocación de algún obstáculo.
- Rotura de alguna pieza mecánica de modo imprevisto.
- Reventón de neumático por defecto de fábrica, estando en aparente buen estado.

Como sucedía en el caso de la *fuerza mayor*, el concepto que el citado manual baraja, resulta insuficiente para recoger la casuística de los hechos que pueden llegar a ser

considerados como *caso fortuito*, por lo que nuevamente acudimos, a la legislación especial en materia de tráfico y circulación de vehículos.

Con la promulgación de la Ley especial de Uso y Circulación de vehículos a motor, en lo sucesivo LUCVM, el *caso fortuito* no va a ser incluido como causa de exoneración en el supuesto de daños a las personas. En idéntico sentido se pronuncia la LRCSCVM que tan sólo hace referencia a la conducta o negligencia únicamente del perjudicado o a la *fuerza mayor* extraña a la conducción o al funcionamiento del vehículo.

La razón de dicha exclusión se residencia en que, en materia de circulación de vehículos a motor, se prescinde de la culpa para imponer la responsabilidad al conductor, por el riesgo que conlleva la conducción. Ahora bien, aunque la estimación de la existencia de *caso fortuito* implica la eliminación de la idea de culpa en el conductor, “*no es una cuestión de culpabilidad, sino de nexo causal*” (O’CALLAGHAN).

La jurisprudencia, en consonancia con la Ley, al contemplar el *caso fortuito*, no exonera de responsabilidad al conductor que produce daños a las personas (STS de 19 de octubre de 1988), pero sí respecto a los daños materiales.

Respecto a los daños materiales, el artículo 1, apartado tercero, de la LRCSCVM, establece que únicamente “*el conductor responderá frente a terceros cuando resulte civilmente responsable según lo establecido en los artículos 1.902 y siguientes del Código Civil, artículos 109 y siguientes del Código Penal, y según lo dispuesto en esta Ley*”.

5.4.1. Concepto de caso fortuito según la jurisprudencia

La jurisprudencia viene entendiendo por tal *todo suceso imposible de prever, o que, previsto, sea inevitable y, por tanto, realizado sin culpa alguna del agente*.

5.4.2. Elementos del caso fortuito, respecto a los daños en los bienes

Para apreciar la existencia de un *caso fortuito*, que libere de responsabilidad al conductor del vehículo, se requieren las siguientes condiciones o elementos:

- *Acontecimiento extraño.*

Es necesario que sea un “*factor extraño a la causalidad normal: lo inopinado, súbito y sin conexión lógica con el acto o conducta previamente desarrollada, de forma que no es imputable al obrar de un sujeto*” (PERÁN ORTEGA).

- *Accidente inevitable.*

Aquel que es imprevisible y que no podía haberse evitado ejercitando unas razonables precauciones. Ejemplo: es inevitable el accidente ocasionado por el conductor que de repente pierde el control debido a un ataque de corazón o a un desmayo, a menos que hubiera conocido su predisposición a sufrir tales desvanecimientos.

El concepto a considerar para valorar si es inevitable el AT para el agente en el ámbito de la circulación, será el de “*la experiencia normal del conductor*” (SANTOS BRIZ).

- *Accidente imprevisible.*

En el caso de que el siniestro hubiera sido previsible (y, por ende, evitable), existiría un reproche respecto al deber de cuidado exigible al conductor. En este sentido, la jurisprudencia resalta la falta de posibilidad de apreciar un *caso fortuito* cuando existe el incumplimiento de un deber relevante de previsibilidad.

Valoradas las anteriores consideraciones, se requiere la prueba de la existencia de un *caso fortuito* por quien lo alega.

5.4.3. Casos particulares, con respecto a los daños materiales causados

Existen determinados supuestos donde el Tribunal Supremo –TS– reconoce la existencia de un *caso fortuito*.

- *Rotura de pieza mecánica.*

La jurisprudencia admite el carácter *fortuito* del accidente debido a un fallo o rotura de alguna de las piezas o mecanismos del vehículo por avería mecánica. Ejemplos:

- a. Rotura de frenos (STS de 21 de noviembre de 1989; SAP de Segovia de 28 de enero de 1980 y otras, donde se considera que “*este fallo mecánico provoca la conducción desenfrenada del vehículo*”).
- b. Rotura de la correa que pone en marcha el sistema de dirección asistida (la SAP de Zaragoza, de 27 de abril de 1990, considera que existe *caso fortuito* puesto que “*esta avería, que no permite el control de la dirección, no es previsible*”).
- c. Desprendimiento de una rueda.

Es importantísima la apreciación al respecto, de que la jurisprudencia no equipara, en ese sentido, la rotura o fallos de las piezas o mecanismos del vehículo “*por sus defectos*” a los producidos “*por su conservación*”. Así:

1. *Responsabilidad por riesgo.*

Cuando se da un defecto del vehículo (que ocasiona el fallo de un mecanismo) nos encontramos ante un supuesto de *responsabilidad por riesgo*, en virtud del artículo 1 de la LRCSCVM.

2. *Responsabilidad por culpa.*

Ante la defectuosa conservación de las piezas o mecanismos del vehículo (ejemplo: pésimo estado de las ruedas que ocasiona un reventón), constituyen un supuesto de *responsabilidad por culpa* derivada del artículo 1902 del Código Civil debido al descuido o negligencia en la conservación del vehículo, ya que dicho accidente resulta un evento previsible y evitable (STS de 14 de junio de 1995 y otras).

- *Reventón del neumático*

Los tribunales no se muestran unánimes al considerar como *caso fortuito* el reventón de un neumático puesto que éste puede producirse por diversas causas. Es necesario considerar las circunstancias concretas para determinar si la causa del reventón es imputable o no al conductor.

- *Mal estado de la calzada.*

Cuando el accidente de tráfico se produce por deslizamiento del vehículo debido al deficiente estado de la calzada, existen ciertas consideraciones que han de ser tenidas en cuenta a la hora de apreciar la existencia de *un hecho fortuito*, como son:

- a. La velocidad de circulación del vehículo.
- b. La adherencia de la calzada.
- c. El estado de los neumáticos.
- d. La existencia de agua, nieve, hielo o escarcha.
- e. La existencia de guijarros en la calzada.
- f. La existencia de aceite o gasoil.
- g. La existencia de un bache o socavón.

Una vez considerada la existencia de un *caso fortuito*, el conductor diligente responde frente al tercero que sufre daños en su persona, si bien es posible la repetición contra el titular de la vía si el accidente se debe a la falta de conservación o de señalización de la calzada.

- *Condiciones atmosféricas.*

Uno de los componentes con mayor incidencia en la accidentalidad lo constituyen los elementos meteorológicos, sobre todo la lluvia, al producir una reducción de la adherencia de la calzada y una disminución de la visibilidad del conductor. Razón por lo que son numerosas las resoluciones judiciales en las que se consideran estos hechos como casos fortuitos, rechazando en la mayoría de las ocasiones, la consideración de *fuerza mayor*.

Es más controvertido el supuesto de la presencia de *un banco de niebla*. En este caso se rechaza la existencia de *caso fortuito* si con el mantenimiento de la distancia reglamentaria de seguridad o circulando a una velocidad adecuada se hubiera evitado la colisión (STS de 24 de mayo de 1997, que rechazó la existencia de *fuerza mayor* y *caso fortuito*).

- *Enfermedad sobrevenida.*

Cuando el AT tiene su origen en una enfermedad sobrevenida y desconocida, aunque fuera preexistente, podemos encontrarnos en presencia de un *caso fortuito*.

5.5. DISTINCIÓN DEL CASO FORTUITO Y LA FUERZA MAYOR

De gran relevancia resulta la distinción entre el *caso fortuito* y la *fuerza mayor*, a la hora de determinar sus efectos de cara a la responsabilidad civil derivada de los AT ya que:

- DAÑOS A LAS PERSONAS.
 - a. La *fuerza mayor* (no el *caso fortuito*) da lugar a la exoneración de responsabilidad del agente dañador por los *daños causados a las personas*, siendo necesario para ello que sea ajena a la circulación de vehículos a motor.
 - b. Si la negligencia es exclusiva del perjudicado, también se produce la exoneración de la responsabilidad.
- DAÑOS MATERIALES.

Se produce la exoneración de responsabilidad tanto por la existencia de:

- a. Un caso de *fuerza mayor*.
- b. Un *caso fortuito*.

Pues únicamente es responsable conforme al artículo 1902 y su interpretación jurisprudencial (SSTS de 22 de abril y de 27 de septiembre, de 1995).

5.6. LA AVERÍA

Después del desarrollo de conceptos próximos a la avería, como son la *fuerza mayor* y, más concretamente, *el caso fortuito* donde se habla de una avería mecánica que tiene como consecuencia un accidente, nos será más fácil distinguir la *avería*, si entendemos que por tal ha de considerarse “*una anormalidad del elemento mecánico que no necesariamente desemboca en siniestro y por lo tanto, no genera daños a tercero*”.

Cuando un *fallo mecánico* (o *avería*) origina un accidente de tráfico, la avería pasa a convertirse en *causa* del accidente dejando de ser *efecto*.

6. TIPOLOGÍA Y CLASES DE AT

6.1. ACCIDENTE DE TRÁFICO

En este capítulo *obtenemos* el concepto normativo-administrativo (estadístico) que recoge la Orden de 18 de febrero de 1993, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de Secretaría del Gobierno que con relación a los accidentes de tráfico establece las siguientes definiciones:

6.1.1. Accidente de circulación

Son los hechos que se producen, o tienen su origen, en las VÍAS o terrenos objeto de la legislación sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, y cuyo resultado es una o varias PERSONAS muertas o heridas y/o daños materiales, y en los que está implicado al menos un VEHÍCULO en movimiento.

6.2. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LOS AT. TIPOLOGÍA

Los criterios de clasificación normalmente utilizados son los siguientes:

6.2.1. Por su situación

a. *Urbanos*: Los que se desarrollan en una calle o vía comprendida dentro del casco de las poblaciones. Un tipo específico es el de los producidos en las travesías.

b. *Interurbanos*: Los originados en una vía interurbana. Se pueden subdividir:

1. *En atención al tipo de carretera*: autopista, autovía, nacional, autonómica...
2. *Considerando el trazado de la misma*: cruce, curva, cambio de rasante, etc.

6.2.2. Por sus resultados

a. *Mortales*.

Aquellos en que una o varias personas fallecen en las primeras veinticuatro horas.

b. *Con víctimas*.

Aquellos en que una o varias personas resultan muertas o heridas.

c. *Con sólo daños materiales*.

Aquellos en que no se han ocasionado ni muertos ni heridos.

6.2.3. Por el número de vehículos implicados

a. *Simples*.

Aquellos en los que interviene una sola unidad de tráfico.

b. *Complejos*:

Los que presentan dos o más unidades de tráfico implicadas. Aquí se encuentran:

1. *Atropellos*. Aquellos en los que interviene un peatón o animal.
2. *Dos vehículos*.
3. *En cadena, múltiples o en caravana*.

6.2.4. Por el modo en el que se producen

a. Colisión de vehículos en marcha.

Se llama así al encuentro violento entre dos o más vehículos en movimiento, siendo:

1. *Frontal*: Cuando se vean afectados los frentes de los vehículos implicados.

- a. *Central*. Los ejes longitudinales coinciden.
- b. *Excéntrica*. Los ejes longitudinales son paralelos pero no coincidentes.
- c. *Angular*. Cuando los ejes longitudinales forman un ángulo inferior a 90°.

2. *Frontolateral o embestida*: Afectan al frontal de un vehículo y al lateral del otro

- a. *Perpendicular*. Cuando forman los ejes un ángulo de 90°.
 - b. *Oblicua*. Cuando el ángulo que forman los ejes no es de 90°.
- Estos dos tipos a su vez pueden ser: Anterior, Central y Posterior.

3. *Lateral*: Cuando se ven implicados únicamente los laterales de los vehículos.

- a. *Refleja*. En la que se producen dos o más colisiones sucesivas entre sí.
- b. *Por raspado*. Cuando se produce un roce entre los laterales.

A su vez pueden ser:

- * *Positivo*: Cuando los dos vehículos circulan en sentido contrario.
- * *Negativo*: Si lo hacen en el mismo sentido.

4. *Alcance*: Cuando dos o más vehículos entran en colisión de tal modo que la parte frontal de uno lo hace sobre la parte posterior del otro.

5. *Múltiple o en caravana*. Cuando el número de vehículos en marcha es superior a dos.

b. Colisión vehículo-obstáculo en calzada.

La que se produce entre un vehículo y:

- 1. *Vehículo estacionado o averiado*.
- 2. *Valla de defensa*.
- 3. *Barrera o paso a nivel*.
- 4. *Otro objeto o material en la calzada*.

c. Atropello.

Cuando un vehículo colisiona con uno o varios peatones o animales. Como son:

- 1. *Peatón sosteniendo bicicleta*.
- 2. *Peatón reparando el vehículo*.
- 3. *Peatón aislado o en grupo*.
- 4. *Conductor de animales*.
- 5. *Animal conducido o en rebaño*.
- 6. *Animales sueltos*.

d. Vuelco en la calzada.

Cuando el vehículo queda volcado sobre la calzada.

e. Salidas de la calzada o vía.

Cuando el vehículo o parte del mismo sale de la calzada. Puede ser:

1. *Con colisión:*

- . *Choque* con árbol o poste.
- . *Choque* con muro o edificio.
- . *Choque* con cuneta o bordillo.
- . Otro tipo de *choque*.

2. Sin colisión:

- . Con *desprendimiento*.
- . Con *vuelco*. El vuelco puede ser:
 - * De *Campana*. El vehículo da vueltas con respecto a su eje transversal.
 - * De *Tonel*. Cuando lo hace con respecto a su eje longitudinal.
- . *En llano*.
- . *Otra*.

La salida de la calzada será, según el sentido en el que circule el vehículo, a la izquierda o a la derecha.

f. Otros.

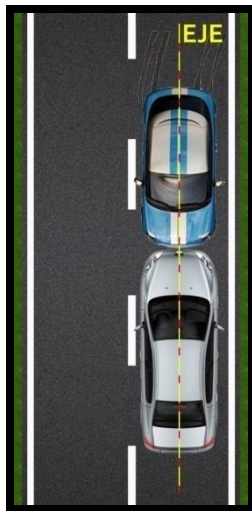
Aquellos que no se pueden encasillar en ninguno de los anteriores apartados, pero tienen *características especiales*:

1. Incendios.
2. Explosiones.
3. Caídas de usuarios a la calzada.
4. Derrumbamientos.

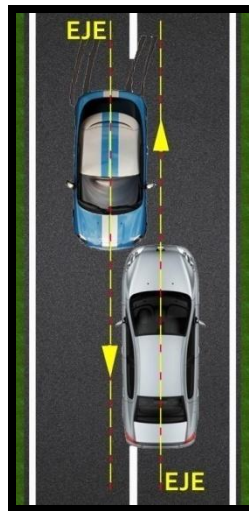
6.2.5. Otras clasificaciones

- a. Según la hora del día: Diurnos o nocturnos.
- b. Según el día: Laborables o festivos, días de retorno, romerías, días feriados, etc.
- c. Según la actividad: “In itinere” (desplazamientos inmediatos a la salida o entrada al trabajo) o laborales (en horario laboral o “en jornada”).
- d. Según lo que se transportaba: Materias peligrosas, escolar, tercera edad, etc.

6.3. TIPOLOGÍA DEL ACCIDENTE



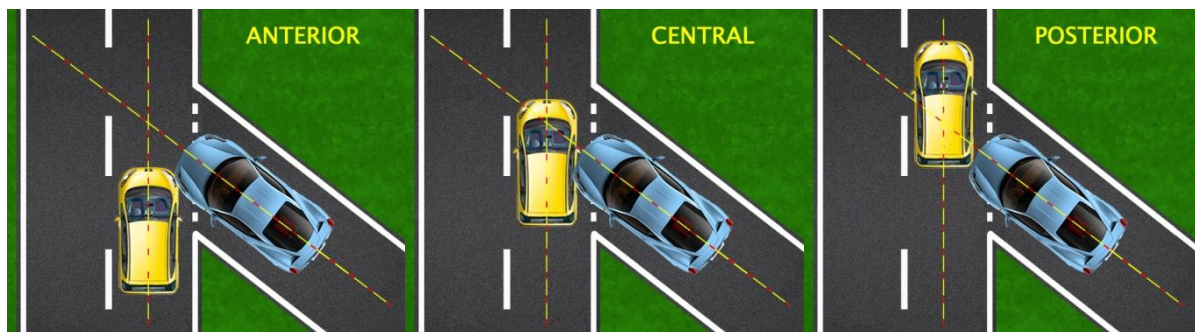
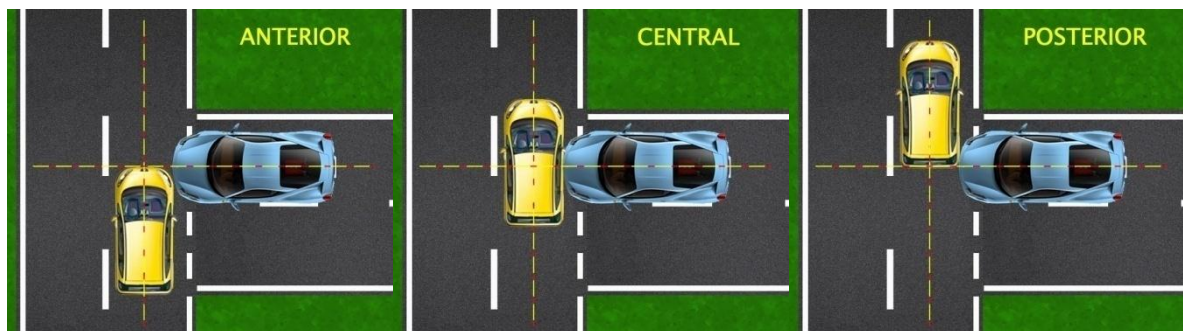
1. Colisión frontal central



2. Colisión frontal excéntrica



3. Colisión frontal angular



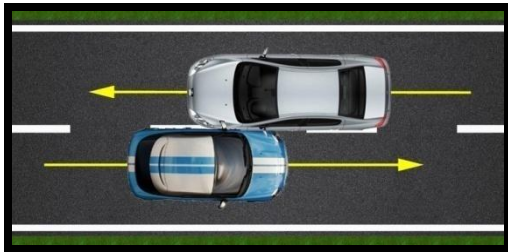
4. Colisión Frontolateral o embestida: Perpendicular y Oblicua.



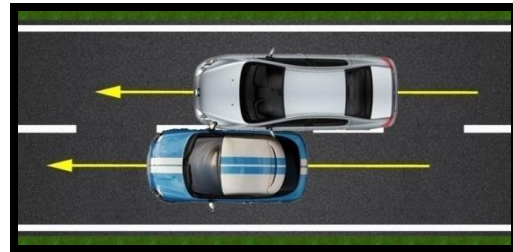
5. Colisión refleja



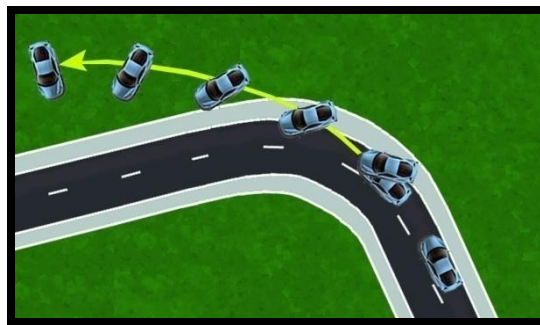
6. Colisión por alcance



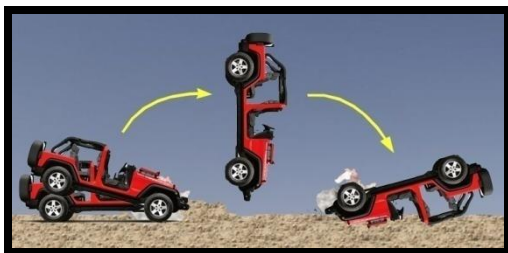
7. Colisión lateral por raspado positivo



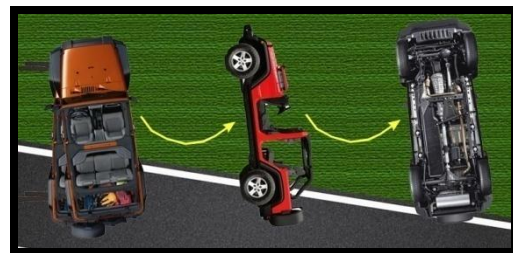
8. Colisión lateral por raspado negativo



9. Salida de vía



10.1 Vuelco en campana



10.2 Vuelco en tonel



11. Atropello a peatón



12. Otros (Incendios, explosiones, etc.)

7. CLASIFICACIONES DE LOS AT SEGÚN LA NORMATIVA TÉCNICA

7.1. TIPOLOGÍA DE LAS COLISIONES DE VEHÍCULOS AUTOMÓVILES

En este trabajo se ha visto ya la clasificación estadística de los AT, pero sus categorías y términos no son coherentes con otras formas de clasificación presentes en el mundo científico. Para los investigadores de AT que han de moverse entre las dos órbitas, la estadística y la científica, conocer todos los conceptos resulta completamente necesario.

La norma española UNE 26-403-90 tiene como tema "Vehículos automóviles. Colisiones. Terminología". Su equivalente internacional, es la ISO 6813-1981.

Esta norma UNE tiene por objeto el establecimiento de un vocabulario y como campo de aplicación todo tipo de colisiones, con excepción de aquellas en las que el movimiento del vehículo no sigue la dirección de uno de los planos principales del mismo.

Según esta norma, la colisión puede definirse como aquel accidente en el que un vehículo arremete contra otro vehículo, o contra un obstáculo, sufriendo daños uno o ambos. Una colisión se caracteriza por todos o alguno de los siguientes parámetros:

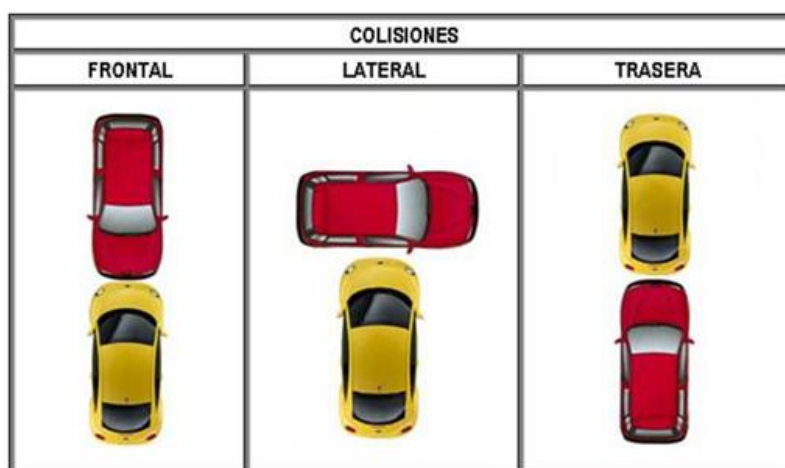
a. Tipología básica de colisión o choque

Se puede comenzar a clasificar la colisión de la siguiente forma:

En la colisión frontal entre dos vehículos, ambos sufren un choque en su parte frontal; entre un vehículo y un obstáculo fijo, el vehículo sufre un choque frontal.

En una colisión lateral entre dos vehículos, uno de ellos sufre un choque lateral mientras que el otro presenta un choque frontal. Esta denominación sería, por tanto, equivalente a la de choque "fronto-lateral".

En la colisión trasera, uno de ellos sufre un choque trasero y el otro un choque frontal. Además, entre un vehículo y un obstáculo fijo, el vehículo sufre un choque trasero.



b. Colisión entre un vehículo y un obstáculo fijo o móvil.

Si la superficie del obstáculo es plana y vertical, como por ejemplo un muro, la superficie del obstáculo se debe considerar como la parte delantera de otro vehículo.

El ángulo de colisión se mide entre dos planos verticales, siendo uno el longitudinal medio del vehículo y el otro uno perpendicular a la superficie vertical del obstáculo.

Si el obstáculo presenta una superficie curva (poste, árbol, etc.) la dirección de la colisión será longitudinal, para las colisiones frontales o traseras y ortogonal para las laterales.

COLISIONES			
OBLICUA	LONGITUDINAL		LATERAL
	FRONTAL	TRASERA	ORTOGONAL
			

c. Dirección de la colisión

Con carácter previo es necesario definir que el ángulo de colisión entre dos vehículos, se mide entre los planos verticales correspondientes a los planos longitudinales medios de cada vehículo. En un ángulo comprendido entre 0° y 180° por la derecha o por la izquierda, una colisión frontal corresponde a un ángulo de 0° y una colisión trasera a 180° .

Una colisión, según la dirección de la colisión, puede ser longitudinal o angular.

d. Alineación de los ejes

Una colisión entre dos vehículos, o entre un vehículo y un obstáculo fijo o móvil, está centrada si los planos principales coinciden; en caso contrario está descentrada.

Los planos principales de los vehículos son, para una colisión frontal o trasera, el plano longitudinal medio de cada vehículo; y para una colisión lateral, el plano longitudinal medio del vehículo agresor y el plano vertical transversal para el vehículo agredido. En el supuesto de una colisión longitudinal pueden distinguirse los siguientes subtipos:

COLISIÓ LONGITUDINAL			
CENTRADA		DESCENTRADA	
FRONTAL	ALCANÇE	FRONTAL	ALCANÇE
			

En el caso de una colisión ortogonal/perpendicular, se pueden distinguir los subtipos centrada o descentrada.

También, puede expresarse el descentrado en colisiones frontales como una fracción de la parte involucrada, indicando si es por la derecha o por la izquierda.

COLISIÓ LONGITUDINAL			
2/3 IZDA	1/2 IZDA	1/3 IZDA	ROZADURA IZDA
			

e. Dirección e intensidad de la fuerza principal sobre el vehículo

La Fuerza Principal es el valor máximo de la resultante de las fuerzas que actúan deformando y desplazando al vehículo en el momento del choque. La localización del choque se define por la zona de deformación. Entendiendo por tal, el desplazamiento de uno o varios puntos de la superficie del vehículo en relación a su posición relativa sobre el mismo antes del choque. Este desplazamiento se mide paralelamente a un plano principal vertical apropiado en el vehículo, que mida el valor máximo por un solo punto o un valor medio para una superficie más o menos grande.

7.2. SISTEMAS DE CLASIFICACIONES DE LOS DAÑOS OCASIONADOS EN UNA COLISIÓN: ESPECIAL REFERENCIA AL SISTEMA CDC.

La extensión de la deformación, relacionada de alguna forma con la severidad de la colisión, es frecuentemente objeto de los informes Nivel II, de mayor profundidad que los estadísticos de la policía, y Nivel III o investigaciones en profundidad. Por excepción, algunos cuerpos de policía utilizan sistemas de registro de la clasificación de los daños ocasionados en la colisión.

7.2.1. La clasificación de daños producidos en la colisión

La Clasificación de Daños producidos en la Colisión (Collision Deformation Classification, CDC) fue desarrollada por GM, (cuyos trabajos fueron continuados por la Asociación de Fabricantes de Vehículos de Motor (MVMA, Motor Vehicle Manufacturers Association) como un medio de registrar el daño sufrido por un vehículo a consecuencia de la colisión, de una forma simple codificada. El CDC es una serie de caracteres alfanuméricos, los tres primeros numéricos y los cuatro siguientes alfabéticos, que sirven para describir, clasificar y procesar los daños de un vehículo. Consta de 6 elementos: la dirección de la fuerza de impacto según la esfera de un reloj, -los dos primeros códigos numéricos-, cuatro letras del código indican la situación del daño, tanto vertical como horizontalmente, y la naturaleza general del objeto golpeado, y, finalmente, un código numérico se aplica para describir la extensión de la deformación.

El CDC, no es directamente convertible en una medida de la dinámica de la colisión porque depende en parte de las características estructurales del vehículo implicado en la investigación. Además, no fue desarrollado principalmente como un sustituto para una medida de las características de la deceleración del vehículo accidentado, sino como un registro simple codificable del daño debido a la colisión. Los datos de los elementos contenidos en el CDC, sin embargo, cuando se relacionan con un conocimiento de la estructura del vehículo, y otra información sobre las circunstancias de la colisión, podrían permitir un procesamiento en algunos casos de colisiones dinámicas.

La NHTSA ha estandarizado el uso del CDC en sus investigaciones multidisciplinarias de accidentes. Por lo tanto, el CDC es necesario para relacionar los daños de los “crash test” (en los cuales se miden las aceleraciones), con las lesiones de los ocupantes documentadas en accidentes reales.

El CDC tiene como ventaja que puede ser aplicado en cualquier accidente de un vehículo después de una colisión, sin necesidad de instrumentación adicional. Tiene la desventaja, que sus posibilidades para facilitar una medida de la dinámica de la colisión no es directa. Estas posibilidades deben depender de un mejor conocimiento de la estructura del vehículo y de la aplicación de programas informáticos especializados.

La recomendación práctica SAE J224, consciente de las limitaciones del CDC, advierte que: “el número de extensión (de la deformación) no debería ser utilizada como una herramienta para determinar la gravedad o la energía requerida para replicar el daño observado. Para vehículos del mismo tipo básico, sirve como una herramienta para agrupar juntos vehículos que tienen características de daño similares”.

RESUMEN CDC

	1	2	3	4	5	6	7
DIRECCIÓN DE LA FUERZA SEGÚN RELOJ							
AREA GENERAL DE LA DEFORMACIÓN							
ÁREA ESPECÍFICA LONGITUDINAL O LATERAL							
ÁREA ESPECÍFICA VERTICAL O LATERAL							
DISTRIBUCIÓN DEL TIPO DE DAÑO							
EXTENSIÓN DE LA ZONA							

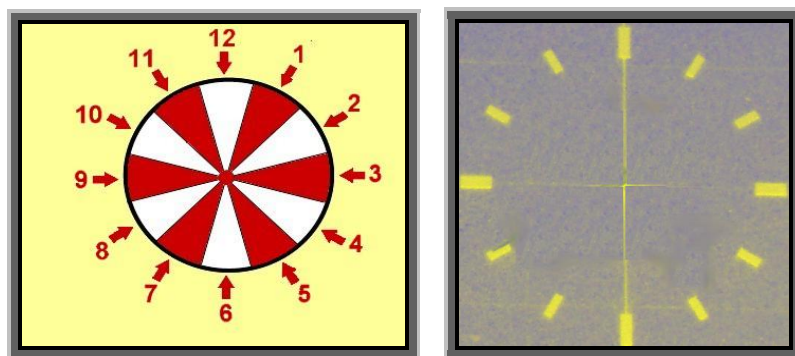
LEYENDA:

- 1-2. *Númerico (dos dígitos):* Dirección de la Fuerza según las agujas del reloj.
3. *Númerico:* Área General de Deformación.
4. *Alfabético:* Área específica longitudinal o lateral.
5. *Alfabético:* Área lateral o vertical específica.
6. *Alfabético:* Tipo de distribución de daño.
7. *Alfabético:* Extensión de las zonas.

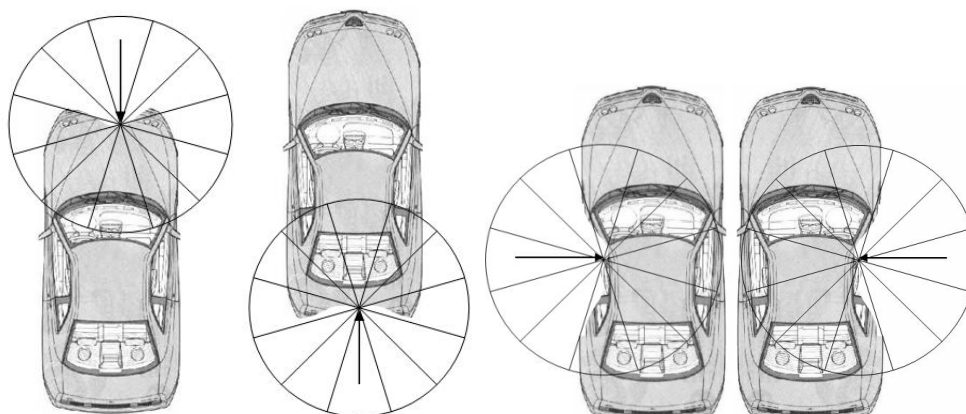


1. Dirección de la Fuerza según las agujas del reloj (o'clock force direction)

Las dos primeras cifras del CDC nos dan información sobre la PDOF según el sentido de las agujas del reloj cuando marcan las horas.



En las siguientes imágenes se puede ver el sistema de dirección de la fuerza según la esfera de un reloj aplicado a diferentes ejemplos de vehículos deformados:

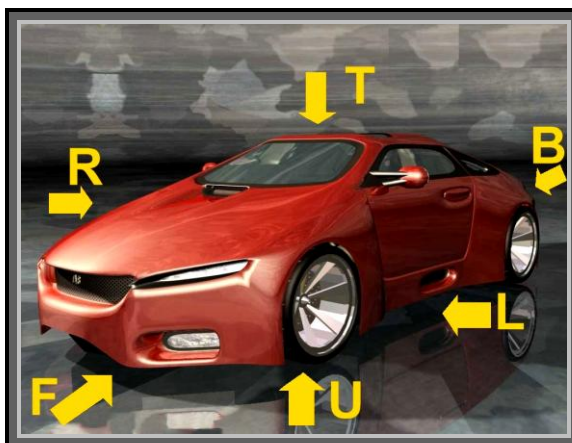


2. Área General de Deformación (General area of deformation)

El tercer dígito del CDC, una letra, nos facilita la información sobre la parte del vehículo que ha sido afectada.

La letra es elegida de entre las siguientes con el significado que a continuación se expresa:

- R (Right).- Derecha.
- L (Left).- Izquierda.
- F (Front).- Frontal.
- B (Back).- Trasero.
- T (Top).- Techo.
- U (Undercarriage).- Bajos.
- X (Unclassifiable).- Inclasificable.



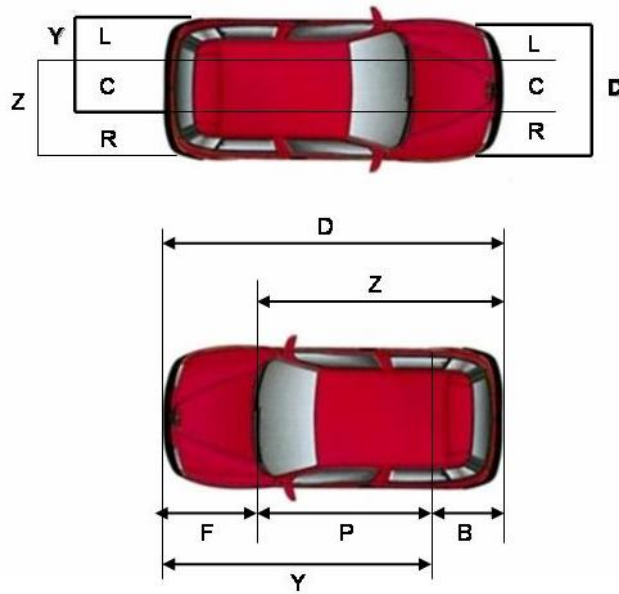
3. Área específica longitudinal o lateral. (specific longitudinal or lateral area)

El cuarto dígito, una letra, nos suministra información sobre la longitud del área afectada en cuanto a su extensión:

Si el daño es longitudinal (parte delantera o trasera) las letras a utilizar son:

- L (Left) Izquierda.

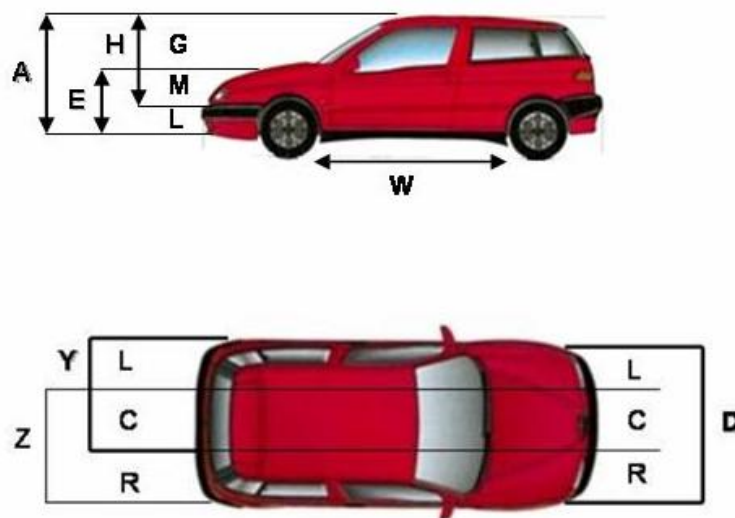
- C (Center) Centro.
- R (Right) Derecho.
- Y Centroizquierda.
- Z Centro derecha.
- D Completo.



Si el daño es lateral (parte derecha o izquierda del vehículo) las letras a utilizar son:

- F parte delantera
- P parte central.
- B parte trasera.
- Y parte delantera central.
- Z parte trasera central
- D Completo.

4. Área lateral o vertical específica. (specific vertical or lateral area).



El quinto carácter codifica la localización vertical de la deformación:

- G: área que va desde la parte superior del techo hasta la base del cristal delantero.
- M: área desde la parte inferior del cristal hasta la parte superior del parachoques.
- L: área de la parte superior a la inferior del parachoques.
- W: sirve para codificar los daños a las ruedas por debajo del nivel de los bajos.

Si son varias las zonas afectadas, las reglas a seguir son las siguientes:

- Si el daño está tanto en la zona G como en la zona M, el código es H.
- Si el daño está tanto en la zona M como en la zona L, el código es E.
- Si el daño está en todas las zonas verticales G, M y L, el código es A.

5. Tipo de distribución de daño (type of damage distribution).

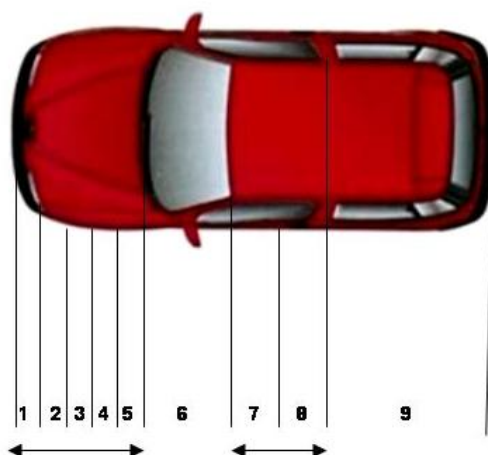
1. W (Wide Impact).- Impacto pleno o amplio.
2. N (Narrow Impact).- Impacto estrecho.
3. S (Sideswipe).- Impacto con deslizamiento o raspado.
4. O (Rollover).- Vuelco.
5. A (Overhanging Structure).
6. E (Corner).- Esquinado.
7. K (Conversion on Impact Type).- Conversión en Tipo de Impacto.
8. U (No Residual Deformation).- Sin deformación Residual.

6. Extensión de las zonas (extent zones).

Este dígito numérico facilita la información sobre la profundidad de la deformación:

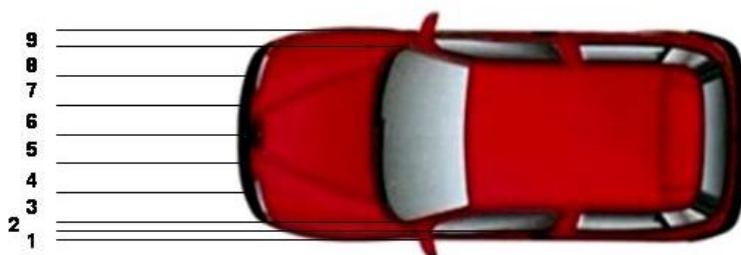
La extensión de las zonas frontales son uniformes para todos los tipos de vehículos. Se miden a lo largo de la línea del centro como sigue:

- Las cinco primeras zonas son iguales en extensión y se trata de la distancia entre el parachoques y la base del parabrisas.
- La zona 6 es la anchura longitudinal del parabrisas.
- La distancia entre la parte superior del parabrisas y el centro del techo del vehículo se divide en dos zonas de igual extensión (7 y 8).
- El resto del vehículo hasta el parachoques trasero es la zona 9.



La extensión lateral de las zonas es uniforme para todos los tipos de vehículos:

- Zona 1 se extiende lateralmente desde el punto máximo lateral del vehículo hasta la base del cristal lateral.
- Zona 2 es la distancia lateral desde la base del cristal lateral hasta su parte superior.
- Las zonas 3-8 son determinadas dividiendo la anchura lateral de la parte superior (el techo) por 6.
- La zona 9 es igual a la zona 1 pero opuesta a la localización de los daños.

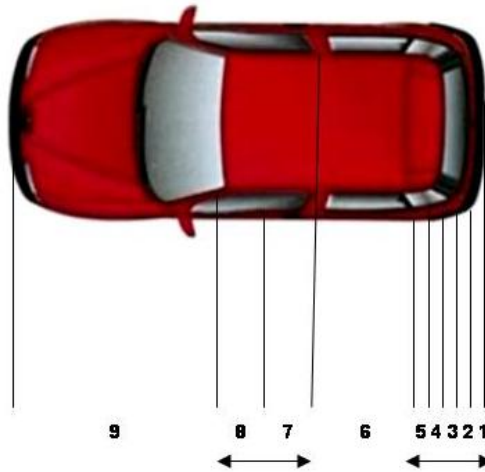


La zona de extensión trasera varía de unos vehículos a otros según el tipo que sean:

a) Automóviles de pasajeros.

- Las zonas 1-5 son determinadas dividiendo la distancia longitudinal entre el centro del parachoques trasero y el centro del cristal trasero por cinco.
- La zona 6 es la anchura longitudinal del cristal trasero.

- Las zonas 7 y 8 son determinadas dividiendo la distancia entre la parte superior del cristal trasero y el centro del techo por dos.
- La zona 9 contiene el resto.



b) Furgonetas y monovolúmenes.

- La zona 1 es la distancia longitudinal entre el centro del parachoques trasero y la base del cristal trasero.
- La zona 2 es la anchura longitudinal del cristal trasero.
- Las zonas 3-8 son determinadas dividiendo la distancia longitudinal entre la parte superior del cristal trasero y la altura de la puerta delantera por 6.
- La zona 9 contiene el resto.

CAPÍTULO II: EL FACTOR HUMANO

1. EL CONDUCTOR COMO SUJETO PSICOLÓGICO.

1.1. EL RIESGO: ASPECTOS FUNDAMENTALES

1.1.1. La percepción del riesgo

Dada la importancia de los tres subprocesos implicados, previos al desempeño de la conducta con relación al riesgo: (a) Percepción, (b) Evaluación y (c) Aceptación, a continuación les dedico una consideración detallada.

Percepción del riesgo

Saari (1976) distingue dos procesos psicológicos básicos en la percepción del riesgo: la percepción del peligro potencial y la valoración de la magnitud del riesgo. Este autor define la información tratada durante la realización de una tarea en función de los dos elementos siguientes: (a) la información precisa para realizar una tarea (percepción del peligro), y (b) la información precisa para mantener los riesgos presentes bajo control (valoración del riesgo). Desde el punto de vista técnico, podemos considerar que un peligro es una fuente de energía capaz de producir inmediatamente lesiones a los sujetos, a los vehículos, al medio ambiente etc. (Zimolong y Trimpop, 1994). Peligro es, en términos prácticos, la exposición relativa al riesgo. De hecho, la presencia de determinados riesgos puede suponer muy poco peligro si se han adoptado las precauciones adecuadas.

La percepción del riesgo es el proceso de valoración de si una situación es peligrosa, y en caso de serlo, la determinación del nivel de peligro (Hoyos y Zimolong, 1988).

La evaluación del riesgo.

El siguiente paso en el tratamiento de la información es la evaluación de riesgos (Zimolong y Trimpop, 1994), que consiste en un proceso de toma de decisiones respecto a exponerse o no al riesgo, y caso de decidir la exposición, el grado que se va a asumir. En este proceso de toma de decisiones concurren las siguientes tareas de carácter eminentemente cognitivo: determinación de las posibles conductas a desarrollar, anticipación de las consecuencias, valoración de las condiciones bajo las que se acepta el riesgo, así como de las posibilidades de que se produzcan esas consecuencias, y la decisión sobre la base de un conjunto de las evaluaciones realizadas con anterioridad (experiencia previa).

La evaluación subjetiva del riesgo es un fenómeno complejo ya que muchas reacciones personales en situaciones de riesgo provienen de automatismos adquiridos que se sitúan por debajo del nivel de conciencia. Normalmente las personas no evalúan conscientemente los riesgos, por lo que no puede aducirse que su forma de evaluar los riesgos sea imprecisa y deba mejorar. Gran parte de los actos relacionados con el riesgo se ejecutan necesariamente en el nivel profundo del comportamiento automático, en el que, sencillamente, "no hay lugar para considerar los riesgos" (Zimolong y Trimpop, 1998).

La aceptación de riesgos

El tercer y último gran proceso, previo a la conducta es la aceptación del riesgo. Existe cierto consenso, tanto en la sociedad, como entre los profesionales de la seguridad, en el sentido de que la aceptación del riesgo es un factor importante en el proceso de ocurrencia de accidentes de tráfico (Fleming, Flin, Mearns y Gordon, 1998; Hovden y Larsson, 1987, Zirnolong y Trimpop, 1998).

Una consideración que influye en la aceptación de riesgos es la propia valoración positiva de posturas de aceptación de riesgos, bien por la sensación placentera de descarga de adrenalina, bien por la alabanza social (Trimpop y Zimolong, 1998). Algunos autores han contrastado el concepto de riesgo deseado con el de riesgo tolerado o temido (Machlis y Rosa, 1990). Estos autores llegan a la conclusión de que, en muchas ocasiones, el mayor riesgo actúa, más como un incentivo que como un factor disuasorio.

Una vez analizado el concepto de riesgo, y los procesos relativos a su percepción, evaluación y aceptación, resulta necesario en este punto definir los indicadores de riesgo. He optado por considerar dos indicadores con carácter eminentemente instrumental sobre la percepción del riesgo: el Riesgo Basal (RB) y el Riesgo Real (RR). El riesgo basal se define como el nivel de riesgo inherente al tipo de actividad desarrollada en un escenario. Por su parte, el riesgo real operacionaliza la interacción entre el riesgo asociado a las tareas de una actividad en un contexto determinado y el estado de seguridad real existente. El riesgo basal se corresponde con la percepción o identificación de los riesgos, y el riesgo real con la evaluación de su magnitud. El proceso de aceptación del riesgo se encontraría subsumido en las consecuencias de la conducta desempeñada o no desempeñada (riesgo aceptado o no aceptado), en el indicador de accidentalidad. Evidentemente cualquier modelo que intente explicar el comportamiento del conductor se tiene que fundamentar en las diferentes interrelaciones entre el hombre, la vía y el vehículo, sin olvidar y cada vez con mayor importancia la supervisión policial y la cultura de seguridad que emiten las instituciones a través de los diferentes canales de influencia social.

1.2. EL FACTOR HUMANO: RIESGO Y GRUPOS DE RIESGO

1.2.1. Factor humano y conducción

Tanto el vehículo como la vía son objeto de la técnica, pero es el hombre quien al hacer uso de esos elementos materiales tiene en su voluntad el ajustar o no su comportamiento a la mejor utilización de éstos, en cumplir o no las indicaciones de una señal, o disminuir la velocidad y extremar las precauciones en caso de un mal estado de la carretera.

La administración, los diseñadores de vías y vehículos y los legisladores, se preocupan fundamentalmente de minimizar el **riesgo objetivo**, a través de medidas de carácter técnico, encaminadas a favorecer la seguridad vial. Ahora bien, lamentablemente no siempre coinciden los objetivos de la administración con los del usuario de las vías, pudiendo ser muy diferentes los **conceptos de riesgo** de unos y otros. Es una opinión generalmente compartida la de que mejorar la seguridad sencillamente a través de medidas técnicas, organizativas o policiales, es totalmente insuficiente; la percepción y evaluación de todos los que participan o están involucrados como conductores o peatones en el tráfico, debe tenerse necesariamente en cuenta de manera prioritaria. (Montoro, Bañuls y Tejero, 1995).

La mayor parte de la responsabilidad de la seguridad vial recae, sobre los propios usuarios de las vías, quienes con sus decisiones introducen al final en la mayor parte de los casos el auténtico **nivel de riesgo**. Antes de pasar a hablar de las diferentes concepciones de riesgo es interesante la identificación de colectivos de población cuyos miembros tienen mayor probabilidad de verse implicados en un accidente de tráfico.

1.2.2. Los grupos de mayor riesgo

En el caso de las ciudades los niños y especialmente los ancianos como peatones, y los conductores de ciclomotor y motocicletas son los más proclives al accidente. No obstante, resulta evidente que en términos globales son los conductores de turismos los que constituyen el grupo de mayor riesgo.

En carretera el grupo de edad de 25 a 34 años es el principal grupo de riesgo mientras que en zona urbana, como ya hemos comentado, son los mayores de 65 años (fundamentalmente peatones) las víctimas más numerosas.

Conductores

En cuanto al **sexo**, en el caso de las carreteras, son los hombres los que mayor accidentalidad registran (4 de cada 5 muertos), probablemente por su mayor exposición al riesgo de accidente, ya que son más los conductores masculinos que los femeninos. También influye en esta tendencia el papel de las actitudes sociales hacia el riesgo y la seguridad, que prescriben reglas diferentes para enfrentarse con el peligro, según se trate de hombres y mujeres (Bristow, Kirwan y Taylor, 1982; Parlee, 1983; Brenac y Postel, 1987).

♦ *El caso especial de los conductores jóvenes*

Según diversos estudios, uno de cada dos muertos de países desarrollados, de edades comprendidas entre los 15-35 años, lo son por causa de un accidente (Megía, 1993). Dentro de esta banda de edad, se encuentra el grupo que tiene entre 15 y 24 años, grupo que representando tan solo el 10% de la población conductora, suponen el 18% de los fallecidos y el 22% de los heridos graves.

En el caso de los jóvenes tiene gran importancia la accidentalidad asociada al uso de ciclomotores y motocicletas y el incumplimiento de normas de seguridad fundamentales, como puede ser el uso del casco.

Numerosas investigaciones realizadas en todo el mundo, apuntan a los factores psicosociales y a las características del estilo de vida, como causas explicativas profundas de la siniestralidad juvenil e investigadores tan reputados como Schuman, Pelz y Selzer, profundizando más en la conducta vial de los jóvenes, establecen correlaciones significativas entre los accidentes de tráfico de los jóvenes, y factores como la impulsividad, la rebelión ante las normas y la búsqueda intencionada del riesgo y las emociones cuando conducen.

En otro orden de cosas, la **experiencia** en la conducción tiene gran relevancia sobre los accidentes. Tomando como referencia el momento de obtener el permiso de conducción, las curvas de incidencia demuestran que en los dos primeros años se producen pocos accidentes. A partir de ese momento, el conductor se siente más confiado y el riesgo empieza a ascender, situándose en general el punto crítico a los 4 años. Desde los siete años el riesgo disminuye y se estabiliza a partir de los 8 años.

♦ ***Las personas mayores como grupo de alto riesgo en la conducción***

Aunque las estadísticas siempre son meramente orientativas, en el mundo según la OMS, en el año 2020 habrá más de 1.000 millones de personas mayores de 65 años. Este es un grupo que en porcentajes absolutos no sufren muchos accidentes, pero si tenemos en cuenta el número de kilómetros recorridos cada año, ciertamente presentan los índices más altos de siniestralidad vial, junto con los conductores de entre 16 - 25 años.

El motivo general de sus accidentes se debe básicamente a deterioros de carácter psicofísico (Waller, 1991; Monteagudo, 1997). Por ejemplo, les aumenta notablemente el tiempo de reacción, les resta fuerza en la frenada o les interfiere en un peor manejo del volante. A ello se añade la pérdida en las capacidades mentales para analizar y reaccionar correctamente en las complejas situaciones de tráfico.

Otro de sus problemas más graves son los relativos a las deficiencias en la audición y la visión, lo que es especialmente preocupante si tenemos en cuenta que el 90% de la información útil que recibe el conductor es visual. Por último no podemos dejar de mencionar el hecho de que los ancianos, por sufrir más dolencias físicas, son el grupo con mayores niveles de consumo de medicamentos (Ray, Gurwitz, Decker y Kennedy, 1992). La toma combinada de varios fármacos con incidencia en la conducción, da lugar a los denominados "efectos laterales sinérgicos", con fuerte impacto en las habilidades psicomotrices necesarias para el manejo de un vehículo con motor.

♦ ***Infracciones más comunes de los conductores***

En el caso de los conductores españoles, las infracciones más frecuentes en las carreteras son, según los datos de la Dirección General de Tráfico: el exceso de velocidad, la prioridad, los adelantamientos, la distancia de seguridad, las señales, los giros incorrectos, circular contra-dirección o invadir el carril contrario y desarrollar una conducción errática.

En las zonas urbanas, los comportamientos antirreglamentarios más frecuentes son: la velocidad inadecuada; no mantener el intervalo de seguridad; no respetar la prioridad; no respetar las indicaciones del semáforo; no cumplir la señal de ceda el paso; realizar giros incorrectos; no respetar las señales de stop; circular en contra-dirección o en dirección prohibida; los adelantamientos indebidos; e incorporarse a la circulación sin precaución.

En relación con las ***circunstancias psicofísicas*** de las personas implicadas en los accidentes, el consumo de alcohol es uno de los factores que con más frecuencia aparece asociado a los accidentes. Además del alcohol, las drogas psicotrópicas y los medicamentos actúan sobre el sistema nervioso y producen efectos como somnolencia, debilidad muscular, pérdida de atención, nerviosismo, etc. La combinación de drogas psicotrópicas (heroína, cocaína, anfetaminas, etc.) y/o medicamentos con el alcohol aumenta su peligrosidad.

También la fatiga y el sueño, las distracciones y la falta de atención e imprudencia, son factores habituales que aumentan la probabilidad de que ocurra un accidente

♦ ***Los peatones como grupo de alto riesgo***

Por kilómetros recorridos, el peatón tiene entre dos y siete veces mayor riesgo que el conductor de un coche, siendo especialmente vulnerable en la ciudad, aunque la posibilidad de muerte se duplica o triplica en el caso de que el accidente se produzca en la carretera.

En relación a los peatones, el 29% de las víctimas se encontraban cometiendo alguna infracción cuando se produjo el accidente, porcentaje que sube hasta 55% en el caso de los fallecidos. Los tipos de infracción más usuales son: la irrupción o cruce antirreglamentario de la vía; el no situarse correctamente en las calzadas o arcenes, o marchar por ellos de manera antirreglamentaria; y el no utilizar paso para peatones o no respetar la señal de semáforo.

En el grupo de los peatones, hay que distinguir dos grandes colectivos de riesgo: los mayores y los niños. En el caso de los primeros, las estadísticas son claras y preocupantes: la mitad de los ancianos que mueren en España en accidentes de tráfico eran peatones.

Como peatones los niños sufren accidentes fundamentalmente entre los 6 y 10 años.

♦ *Los ciclistas como grupo de riesgo*

Si analizamos las causas de los accidente de los ciclistas, con datos del año 2008 podemos comprobar que casi el 58% de los accidentes fueron causados directamente por los usuarios de las bicicletas. Entre las causas e infracciones más comunes de los ciclistas destacan: conducción distraída o desatenta, velocidad inadecuada para las condiciones existentes, invadir parcialmente el sentido contrario o girar incorrectamente. Entre los accidentes desencadenados por los conductores de vehículos con motor, las infracciones más cometidas por éstos son: distracción, velocidad inadecuada, adelantamiento antirreglamentario y giros incorrectos.

Los datos expuestos a lo largo de éste capítulo y del anterior, describen, entre otras cosas, cómo, dónde, cuándo y por qué se producen los accidentes de tráfico, con el fin de poder conocer las fuentes potenciales de riesgo y poder tomar así las medidas pertinentes.

En todo caso la solución pasa por una acción múltiple que incluyera -entre otras grandes cosas- la educación vial para niños y adolescentes; un mayor énfasis en la formación de actitudes de seguridad y respeto a las normas en los centros de formación de conductores; amplias campañas informativas, bien planificadas y dirigidas especialmente a los grupos de alto riesgo; una mayor colaboración entre los diversos organismos que tienen competencias en el tráfico; una mejora en los sistemas de seguridad activa y pasiva de los vehículos; una mejora e incremento de la red viaria de nuestro país; y como no, el disponer de una supervisión policial acorde con la magnitud del problema y las necesidades del tráfico actual.

1.2.3. Supervisión policial, «enforcement» y Seguridad Vial

Es evidente que el estricto cumplimiento de las normas es lo único que nos puede hacer prever cual va a ser el comportamiento de los demás, cuando compartimos el espacio común de las carreteras (Muñoz Medida, 1993). Para conseguir este objetivo existen tres grandes vías: sofisticar la tecnología de detección de los infractores, mejorar la eficacia de las sanciones y potenciar la formación del conductor.

En lo que se refiere a las tecnologías de detección de los que transgreden las normas, algunos estudios como el AUTOPOLIS o los realizados por Homel, indican que la tolerancia de estos sistemas es muy dispar entre los conductores de unos países y otros y así se aprecian notables diferencias entre los ciudadanos que consideran más eficaz la presencia policial directa como elemento sancionador, y los que toleran con mayor agrado que sea una simple máquina la que detecte e imponga la pertinente sanción (Homel, 1988; Rothengatter, 1989).

Por otra parte, las multas y sanciones, como mecanismo regulador del comportamiento de los conductores, tienen toda una serie de principios que habría que tener más presente, ya que afectan de manera importante a la eficacia o fracaso de la sanción, a su tolerancia y aceptación, a su carácter ejemplarizante y a su capacidad para inhibir o modificar el comportamiento de los conductores (Østvik, Harper y Vaa, 1989).

Entre otros estarían la aplicación inmediata de la sanción a la realización de la infracción; que el sujeto no tenga dudas de que a todos los conductores se les aplicará con el mismo rigor la sanción ante la misma infracción; que el sujeto no percibía en la sanción una vía de recaudación económica; que el sujeto perciba la proporción entre la sanción y la gravedad de la infracción realizada; etc.

En tercer lugar hay un ámbito que afecta de manera especial a la actuación sobre el elemento humano. Nos referimos al problema de los polimultados, los conductores que han sido reiteradamente sancionados y, a otro nivel, los poliaccidentados, es decir aquellos que han sufrido accidentes en múltiples ocasiones, colectivos en el que es preciso reconocer el fracaso del actual procedimiento sancionador.

Con estos dos grupos, entre otros, la sociedad no toma en realidad ningún tipo de medida que aporte una solución imaginativa y eficaz para dar solución al problema. Debería existir algún tipo diagnóstico riguroso que determinara el porqué de su proclividad a la infracción, y que a partir de él se pudieran desarrollar algunos tipos de estrategias preventivas, que seguramente tendrían que pasar por la reeducación o formación.

1.3. INTRODUCCIÓN A LOS PRINCIPIOS EXPLICATIVOS DEL COMPORTAMIENTO DEL CONDUCTOR

1.3.1. Introducción

Hemos reiterado a lo largo de las páginas precedentes que la conducción es una actividad compleja que implica la intervención de diferentes elementos que componen el sistema de tráfico, estos son: el conductor, el vehículo y la vía y su entorno.

A efectos clarificadores, estos componentes, se pueden reducir a dos perspectivas posibles y necesarias sobre lo que la persona hace como conductor:

- ~ La perspectiva externa, o variables objetivas de la conducción incluye las condiciones de la vía y su entorno y el vehículo, lo que denominamos «situación» en la que tiene lugar la conducción. Se trata de la influencia externa ambiental que actúa como estímulo, jugando un papel importante en la conducta del sujeto.
- ~ La perspectiva interna o variables subjetivas, hace referencia a los aspectos internos del conductor que le llevan a la acción: sus sensaciones, percepciones, pensamientos, decisiones, emociones, sentimientos, motivaciones, actitudes, etc.

Nuestra perspectiva, considera como punto de partida dos niveles de integración de los elementos psicológicos de los usuarios de la vía para explicar la conducta que observamos en determinadas situaciones de tráfico, a saber:

a) **La predisposición del conductor**, a actuar de una determinada manera, donde juegan un papel importante:

- ~ *Las facultades psicofisiológicas del conductor*, sobre todo las relacionadas con la percepción, la atención, el tiempo de reacción, etc.
 - ~ *Los aprendizajes motores* (manejo y control del vehículo), cognoscitivos (concernientes al sistema de la carretera, normas formales e informales, y el conocimiento de los elementos de seguridad y de riesgo) y actitudinales (respeto a las normas u otros aspectos de la conducción), que nos ayudan a comprender cómo se adquieren, modifican o eliminan, muchas conductas en la conducción.
- b) **El proceso de asimilación-decisión-acción**, donde juegan un papel vital:
- ~ Los motivos y afectos (motivos extrínsecos e intrínsecos a la conducción, emociones, actitudes, etc.),
 - ~ Las habilidades/capacidades cognitivas del procesamiento y asimilación de la información que recibe del entorno y del vehículo, y,
 - ~ Las habilidades sensomotrices del conductor.

1.3.2. Factores predisposicionales y capacidad de conducción

Los factores predisposicionales dotarían al conductor de la **capacidad para conducir**, y constarían, como hemos comentado, fundamentalmente de dos elementos:

- ~ Predisposición o aptitudes físicas y psicológicas, del sujeto para conducir un automóvil, lo que se traduce en la **idoneidad para la conducción**.
- ~ Capacidades físicas y psicológicas y conocimientos adquiridos o aprendidos por el sujeto para conducir y controlar el vehículo de forma segura en el contexto regulado del tráfico, lo que se traduce en la **cualificación para la conducción**.

1.3.3. El proceso de asimilación-decisión-acción

Lo que hemos denominado proceso de asimilación-decisión-acción, parte de la consideración de la conducción de un automóvil como una tarea compleja de control de un mecanismo móvil en un entorno sometido a perpetuo cambio en el cual el ajuste de la trayectoria del vehículo al entorno se realiza de un modo continuo (Soler y Tortosa, 1985).

El conductor para realizar este ajuste debe asimilar e interpretar el conjunto de las informaciones que le circundan en cada momento, con el fin de prevenir cómo evolucionará la situación sin su intervención, o como cambiará en función de la decisión que tome, estimando las posibles consecuencias de estas distintas posibilidades de acción.

La acción o comportamiento que lleva a cabo el conductor de un vehículo, como toda conducta humana, puede ser dividida en tres grandes componentes o dominios que han de actuar simultáneamente en el proceso de asimilación-decisión-acción: el *dominio afectivo-motivacional*, el *dominio cognitivo* y el *dominio sensomotor*, que van a mediatizar todo el proceso, y en particular el proceso cognitivo de la toma de decisiones.

♦ **El dominio afectivo-motivacional**

El dominio **afectivo** incluye los afectos, emociones, sentimientos, y necesidades, así como las actitudes del conductor. Se trata en definitiva de las fuerzas que activan el comportamiento y lo dirigen a una meta.

♦ ***El dominio cognitivo: asimilación de la información y toma de decisiones***

El dominio cognitivo, incluye las cogniciones, pensamientos, juicios, razonamiento, y todo ello incumbe a aspectos analíticos de la situación y a la toma de decisiones en el tráfico. Se produce en este dominio la asimilación de la información, un proceso cognitivo en el que objetos y situaciones son observados y juzgados.

♦ ***El dominio sensomotriz: la acción***

La conducta sensomotriz o psicomotora, son las acciones manifiestas de un sujeto, e incluye toda la experiencia que está mediando entre los canales senso perceptivos y motores.

1.3.4. La situación de la conducción

Las situaciones en que se ve implicado un conductor pueden ser de dos tipos (Huguenin, 1988):

Situaciones rutinarias: aquellas que pueden ser tratadas utilizando patrones de conducta habituales, es decir sin implicar en ellas procesos de elección y decisión; estas acciones tienen lugar de forma casi automática

Situaciones complejas: situaciones que incluyen la elección entre respuestas alternativas, en el curso de las cuales la acción precedente es interrumpida, debido a que una decisión implica acciones alternativas que deben realizarse.

1.4. PROCESO DE TOMA DE DECISIONES Y MODELOS GENERALES EXPLICATIVOS DEL COMPORTAMIENTO

1.4.1. Introducción

En la base de la inmensa mayoría de los accidentes, hay una actuación humana, voluntaria o errónea; por ello, si se quieren optimizar las dimensiones básicas de la seguridad vial, hay que centrar la óptica, inevitablemente, en el comportamiento del conductor, un comportamiento para cuyo estudio y explicación se han desarrollado diversos modelos (Tortosa y cols., 1990, 1993, 1995).

En función del peso que otorgan a los factores personales y subjetivos en la determinación de la conducta de conducción, los distintos modelos suelen clasificarse en dos amplias categorías, a saber, “modelos de habilidades o exigencia de tareas” y “modelos propositivos o cognitivo-motivacionales” (Johnston y Perry, 1980; Rumar, 1988). Los primeros son, sobre todo, de carácter perceptivo, mientras los segundos son, fundamentalmente, decisionales; dos categorías universalmente aceptadas, si bien, algunos investigadores (por ejemplo Michon, 1985; Rothengatter, 1988; Barjonet y Tortosa, 1998; Bañuls y Montoro, 1988), añaden un tipo de modelo intermedio, el cognitivo, muy centrado en la atención, pero abierto a los aspectos motivacionales y emocionales, así como a los sociales. En cualquier caso son propuestas que enfatizan, más o menos, aspectos diversos de un mismo continuo: el proceso de toma de decisiones.

1.4.2. Modelos causales, mecanicistas o de habilidades

Durante las primeras décadas del pasado siglo, los llamados “modelos de habilidades” guiaron la investigación y aplicación de la psicología en el ámbito de la seguridad vial. La conducción fue categorizada desde sus orígenes como una actividad reactiva, apoyada en un conjunto de habilidades susceptibles de ser medidas por medio de exámenes psicotécnicos, selectivos y eliminatorios. Consecuentemente, el conductor fue concebido, básicamente, como el elemento receptor y respondiente en el sistema de tráfico, siendo sus habilidades sensorperceptivas y perceptivomotoras, así como sus aprendizajes previos los aspectos fundamentales y determinantes a la hora de desempeñar esta actividad diestra.

♦ Implicaciones para la seguridad vial

En este modelo se apunta que la prevención y la intervención debe buscar siempre la facilitación de la tarea de conducir, bien a través de mejoras en los conductores (exploración continua del nivel de sus destrezas o aptitudes, formación y entrenamiento de las habilidades, y rehabilitación en su caso); bien a través de la ergonomía, donde la investigación se dirigía a disminuir y facilitar las exigencias de las vías y de los vehículos.

1.4.3. Modelos cognitivos

Los modelos cognitivos son propuestas encuadrables dentro de la amplísima perspectiva psicológica cognitiva del procesamiento de la información, que permite explicar la ejecución humana en las distintas tareas que forman parte de actividades complejas, como es el caso de la conducción de vehículos, siendo su elemento fundamental para la articulación de dicha explicación el proceso psicológico de la atención. Entre la amplia oferta destaca por su poder heurístico, tanto positivo como negativo, el modelo de Habilidades, Reglas y

Conocimientos (Skills, Rules and Knowledge model, Rasmussen, 1983, 1984, 1987; Reason, 1987, 1990, 1994), también conocido con las siglas S-R-K).

Este modelo tiene su origen en la distinción entre los modos de control atencional automático vs. controlado: ésta dio lugar a la división de la ejecución humana en tres niveles de procesamiento cognitivo (habilidades, reglas y conocimientos).

♦ ***El comportamiento en la conducción***

La clasificación de los niveles de ejecución o comportamiento humano en tareas complejas tales como la conducción de vehículos que introdujo Rasmussen en los desarrollos iniciales del modelo S-R-K (Rasmussen, 1983, 1986, 1987) se basó en las nociones sobre control cognitivo en la ejecución de tareas. La distinción entre procesamiento automático y controlado dio lugar a la división de la ejecución humana estructurada jerárquicamente en tres niveles de procesamiento cognitivo:

Un nivel automático: Habilidades (Skills), al que se ejecutan las tareas rutinarias o sumamente entrenadas (la misma tarea se ha ejecutado muchísimas veces) bajo control atencional casi automático. Un nivel semiautomático/semicontrolado: Reglas (Rules), al que se ejecutan las tareas familiares (para las cuales se poseen reglas o patrones de soluciones almacenados en memoria que se pusieron en marcha en el pasado), bajo control atencional semiautomático/semiconsiente. Un nivel controlado: Conocimientos (Knowledge), al que se ejecutan las tareas nuevas o difíciles (para las cuales no se poseen reglas ni patrones de soluciones, sino solamente el conocimiento que permite aprender a llevarlas a cabo), bajo control atencional consciente.

♦ ***El proceso de adquisición de las habilidades y destrezas para la conducción***

Desde el marco S-R-K se ha investigado el proceso de adquisición de las habilidades y destrezas para la ejecución de las tareas implicadas en actividades complejas como la conducción de vehículos, proceso que pasa por distintas fases cuya diferencia básica radica en el tipo de control atencional que predomina en cada una de ellas (Figura 3). Así, cada uno de los diferentes niveles de control cognitivo característicos de la ejecución de tareas predomina en mayor o menor medida en los distintos estadios del aprendizaje de la actividad de conducir (Gregersen, 1996; Gregersen & Bjurulf, 1996; Brown, 1994).

- ~ Fase inicial: en las fases iniciales del proceso de adquisición de las habilidades y destrezas para la conducción predomina la ejecución basada en conocimientos. En este estadio, la mayoría de las tareas a las que se enfrenta el conductor son nuevas y difíciles, por lo que la ejecución se basa en sus conocimientos adquiridos o transferidos respecto a las mismas, a un nivel de control atencional consciente, de manera que hay una demanda bastante considerable de recursos atencionales. Los errores más característicos en este período son los errores basados en conocimientos, que son tratados en el capítulo 4.
- ~ Fase intermedia: en el estadio siguiente del proceso de adquisición, el conductor ha adquirido un repertorio básico de habilidades y su ejecución empieza a darse a un nivel de control atencional semi-consciente/semi-automático (nivel basado en reglas), puesto que comienza a aplicar reglas y patrones mentales adquiridos de la experiencia

en la ejecución de la actividad. Los errores más característicos en este período son, por tanto, los errores basados en reglas.

- ~ Fase final: en el último estadio del proceso de aprendizaje de la actividad de conducir, como resultado de la práctica y repetición de dicha actividad, muchas de las tareas implicadas en la misma se ejecutan a un nivel casi automático de control atencional (nivel basado en habilidades), con la consiguiente liberación de recursos cognitivos que permite economizar esfuerzos y minimizar la fatiga, y realizar simultáneamente otras tareas o actividades que no demanden excesiva capacidad central. Los errores más característicos en este período son los errores basados en habilidades.

♦ **Modelos cognitivo-motivacionales**

La filosofía de los modelos que hemos agrupado bajo el título genérico de “modelos cognitivo-motivacionales”, también llamados modelos “del riesgo”, subraya el papel activo del sujeto humano que es capaz de redefinir los planes de conducta en función del contexto. Con ellos, la investigación pasa a centrarse en los factores de “no desempeño” que influyen sobre los distintos componentes de la actividad de conducción: las expectativas y motivos del conductor, sus estados emocionales, valores y normas personales, su influencia sobre la percepción subjetiva del riesgo, y la relación entre ésta y la tolerancia al mismo en el momento de tomar una decisión. El punto clave de estas aproximaciones consiste, en definitiva, en la conceptualización del conductor como “creador activo” de las situaciones de tráfico, lo que implica considerar la importancia de los aspectos decisionales de la conducción y sus determinantes.

Algunas revisiones (por ejemplo Bañuls, 1993) han mostrado que los modelos más significativos en dirección a explicar adecuadamente el comportamiento del conductor son: el “Modelo de Riesgo Cero” de Näätänen y Summala; la “Teoría Homeostática del Riesgo” de Wilde; el “Modelo de Amenaza-Evitación” de Fuller; y el “Modelo Jerárquico del Riesgo” de Bötticher y Van der Molen. A todos ellos subyace la consideración de que las creencias, expectativas y anticipaciones que los individuos tienen respecto a los eventos futuros son un determinante fundamental de su conducta, que se considera así propositiva, dirigida a metas, y basada en las intenciones conscientes del sujeto.

1.4.4. Consideraciones críticas a los diferentes tipos de modelos

Los planteamientos tradicionales acerca de la conducta de conducción y los accidentes de tráfico, que basaron sus explicaciones en las características físicas y estado de los vehículos, vías y señalizaciones, han sido criticados como excesivamente esquemáticos y simples; en una palabra como insuficientes para dar cuenta de la complejidad del fenómeno estudiado. Sin embargo, y pese a las críticas al “modelo de habilidades” no hay que olvidar que la mayor parte de las medidas adoptadas hasta hoy para prevenir la accidentalidad derivan de la aplicación de este modelo.

De acuerdo con el modelo de habilidades, los accidentes son considerados, básicamente, como un fallo, o un error, en la actuación del conductor. Se pasan por alto, por tanto, los factores decisionales, motivacionales y emocionales que antecedieron al error. Las actuales investigaciones sobre accidentalidad han mostrado con claridad, en primer lugar, el limitado peso de los errores en la ejecución de maniobras frente a los errores de

reconocimiento y en la toma de decisiones; en segundo lugar, la importancia de las causas humanas indirectas -influencia del alcohol, drogas, fatiga, prisa, elevado nivel emocional, inexperiencia, etc.- en la génesis del accidente, y, por último, la relación de variables cognitivo-motivacionales con la accidentalidad -percepción de riesgo, actitudes ante las infracciones de tráfico, temeridad en la conducción, toma de decisiones arriesgadas, etc.-

Pero si los modelos de habilidades han sido considerados como insuficientes para abordar el estudio del comportamiento del conductor, hasta el momento tampoco ninguno de los modelos cognitivos o cognitivo-motivacionales desarrollados ha sido aceptado en su totalidad por la comunidad científica. Todos ellos aluden a aspectos relevantes aunque sin duda parciales del comportamiento al volante, seguramente por la enorme dificultad de tomar en consideración los múltiples factores personales, subjetivos y situacionales que pueden intervenir en cada uno de los momentos de la secuencia comportamental de la conducción.

1.4.5. El proceso decisional, gran protagonista de la Seguridad Vial del futuro

Y esto es así, porque el conductor no siempre se halla en óptimas condiciones psico-físicas cuando se sienta a los mandos de su vehículo y se dispone a iniciar un desplazamiento, ni tampoco los motivos y razones que le empujan a ello son siempre los mismos. Puede haber dormido mucho, poco o nada; puede estar griposo y medicándose; puede tener graves problemas laborales; puede estar deprimido o excitado; puede haber ingerido diversas combinaciones de medicamentos, o estar borracho. Además, se enfrenta a unas vías y unas señalizaciones no siempre óptimas, e incluso en ocasiones mal puestas o diseñadas, obsoletas, en mal estado, etc. Afronta, además, unas determinadas densidades de tráfico (a veces con retenciones de horas), con un vehículo de una determinada antigüedad y en nivel de puesta a punto determinado, con cierto tipo de ruedas y en distintas condiciones ambientales.

La conducción segura entraña, pues, no sólo un grado óptimo de aptitudes, sino también el apropiado equilibrio y uso responsable y consciente de esas aptitudes por parte de una personalidad adaptada, por ello todas las dimensiones psicológicas son aspectos críticos del comportamiento del conductor. El nivel de su control psicomotor -su destreza-, tiene relativamente poco efecto causal en los accidentes de carretera, presumiblemente debido a que las demandas sobre sus habilidades no superan, por lo general, las capacidades humanas normales. Por el contrario, los factores (situación anímica, efectos de medicinas, fatiga, estado de la vía, densidad del tráfico, estado del vehículo, etc.), que influyen sobre el proceso decisional son los que parecen más importantes en la causación de accidentes.

En ese proceso decisional, la percepción subjetiva del nivel de riesgo implicado en la maniobra a realizar es una variable clave. Esa percepción del riesgo no es una percepción sensorial simple; a partir de los datos objetivos suministrados por los sentidos (sonidos, señales, semáforos, velocidad, etc.) se produce un juicio relativo al peligro potencial que, para el conductor o peatón, presenta la situación, variable crítica (lo asumo o no lo asumo) a la hora de tomar la decisión de ejecutar o no la maniobra.

En la actualidad existe un amplio consenso entre los investigadores del área, en considerar la toma de decisiones como el eje central de estudio para la prevención de accidentes de tráfico. Por ello se acentúa el papel del sujeto humano como activo constructor

de situaciones viales que entrañan distintos niveles de riesgo, y lo suficientemente flexible cómo para redefinir sus planes de actuación en función del contexto.

1.5. LOS ERRORES HUMANOS EN LA CONDUCCIÓN DE VEHÍCULOS

1.5.1. Introducción

Si como numerosos estudios señalan (Tortosa, 1996; Megía, Morales y Nájera, 1995; Montoro, 1991; entre otros), el error humano en la conducción de vehículos constituye el principal factor explicativo de los accidentes de tráfico, debemos deducir que en la inmensa mayoría de los accidentes hay una actuación humana errónea por parte del conductor.

Los errores comportamentales en la ejecución de las tareas propias de la conducción se han investigado generalmente en relación a los procesos psicológicos que intervienen en la misma (perceptivos, atencionales, motivacionales, decisionales, motores, de aprendizaje, memoria, etc.), y también en relación con el efecto de otras variables que influyen en mayor o menor medida en tales procesos psicológicos originando comportamientos erróneos o inseguros en la conducción. Un estudio (Pastor, 1997) llevado a cabo a partir de la base de datos psicológica PsycLIT muestra que en el período comprendido entre 1990 y 1996 los factores que se han investigado en mayor medida en relación con el error humano en la conducción son los procesos psicológicos (especialmente los procesos cognitivos de orden superior) y los factores de edad (especialmente los grupos de riesgo: jóvenes y ancianos).

En este apartado nos centraremos en los distintos tipos de error humano (no intencional) en la conducción que preceden a los accidentes, asumiendo fundamentalmente como punto de partida una perspectiva psicológica concreta -el marco cognitivo del procesamiento de la información-, sobre la cual se establecerán los principales tipos de error.

1.5.2. Procesos psicológicos implicados en la conducción

En la compleja actividad de conducir prácticamente se ponen en marcha todo el conjunto de factores y procesos psicológicos que integran el sistema cognitivo humano. Dicho sistema ha sido concebido fundamentalmente a partir de la lógica del procesamiento de la información entendida en términos de input-mediación-output, o también en procesos de orden inferior y procesos de orden superior. Ésta es la lógica que esencialmente subyace al denominado “modelo español” de evaluación psicológica de conductores. Posteriormente, también se ha concebido el funcionamiento del sistema cognitivo humano a partir de las nociones sobre control cognitivo en la ejecución de tareas y la distinción entre procesamiento automático y controlado, distinguiendo tres niveles: habilidades, reglas y conocimientos (marco S-R-K, presentado en el capítulo 3).

1.5.3. Una distinción previa: errores versus infracciones

Antes de adentrarnos en el estudio del origen psicológico de los diferentes tipos de error humano en la conducción, es importante distinguir como punto de partida entre dos grandes tipologías genéricas de comportamiento erróneo o peligroso: los errores y las infracciones. La diferencia básica entre ambas radica en el grado de intencionalidad que caracteriza a cada una de ellas. Así, los errores son actos no intencionales, no deliberados, es decir, no hay una voluntad consciente de infringir la norma; mientras que las infracciones son

actos erróneos intencionales, es el infringimiento deliberado de algún código de conducta regulado o socialmente aceptado.

1.5.4. Tipos de error humano en la conducción

Se considera que los errores humanos en la conducción pueden tener su origen en cualquiera de los factores y procesos psicológicos que el conductor pone en marcha en la realización de las tareas que forman parte de esta actividad, estableciéndose así una clasificación en tres grandes categorías: errores de input, errores de mediación, y errores de output, o también: errores a los niveles inferiores del procesamiento de la información y errores a los niveles superiores del procesamiento de la información.

- ***Errores en los niveles inferiores del procesamiento de la información:***

Errores de input: el término hace referencia a todos aquellos errores que se producen debido a un fallo o inadecuación en la misma entrada o adquisición de la información a través de los sentidos (Nicolet, 1987; Lourens, 1989). En términos generales destacan a este nivel, los errores atencionales, que se pueden producir en la atención selectiva (habilidad para discriminar la estimulación relevante de la estimulación irrelevante en la ejecución de una tarea), en la atención sostenida (habilidad para mantener la atención en la ejecución de una tarea durante un largo período de tiempo); atención dividida (habilidad para distribuir o dividir la atención en la ejecución simultánea de dos o más tareas); y atención alternante (habilidad para cambiar el foco atencional de una tarea a otra).

También destacan como errores de input, los errores perceptivos, de reconocimiento e identificación, producidos por una inadecuada entrada o recepción de la información estimular a través de los sentidos, o un inadecuado reconocimiento o identificación de tal información a nivel de los centros superiores, p. e. en cuanto a la percepción de distancias (percepción espacial) y la percepción de velocidades (percepción del movimiento).

Errores de output: estos errores son los que se producen en la propia ejecución motora (respuesta observable) que realiza el conductor después de haber procesado la información. Los errores a los niveles inferiores del procesamiento de la información (errores de input y errores de output) corresponden en buena medida a los denominados errores basados en habilidades según la tipología establecida desde el marco S-R-K. Este tipo de errores ocurre cuando un plan de acción correcto da como resultado una acción errónea no deseada.

- ***Errores en los niveles superiores del procesamiento de la información:***

Errores de mediación: estos errores ocurren en el procesamiento central de la información que previamente ha sido atendida y percibida por el conductor. En términos generales destacan a este nivel: los errores interpretacionales, que se producen debido a una interpretación incorrecta de dicha información; los errores evaluativos, producidos por una evaluación errónea de tal información o situación-problema; y los errores decisionales propiamente, que suelen ocurrir como resultado final de estos procesos mediacionales, y se producen por la elección de una alternativa de acción que no es la adecuada ante la situación-problema en cuestión.

Los **errores basados en reglas** ocurren como resultado de la aplicación -a un nivel semi-automático/semi-consciente de reglas almacenadas sobre la ejecución de tareas o sobre la solución de un problema en situaciones familiares de tráfico.

Los **errores basados en conocimientos** se producen en los niveles más superiores del procesamiento de información, a un nivel de control consciente de la ejecución, donde los procesos decisionales juegan un papel fundamental. Según Reason (1990), pueden darse en una múltiple variedad de formas -todas aquellas que impliquen hipótesis equivocadas o conocimientos erróneos sobre algún elemento del sistema-.

En todo caso, los fallos más implicados en los accidentes, son los errores en la búsqueda, selección y recogida de la información pertinente o, los más posteriores, de procesamiento de esa información y toma de decisiones, algo que se debería tener muy en cuenta en la enseñanza de la conducción.

1.5.5. Los procesos y factores mediacionales: tipos de error según la variable experiencia

Desde el marco S-R-K se plantea que los tipos de error más característicos en función de la variable experiencia coinciden en gran medida con el nivel de control cognitivo dominante al que el conductor ejecuta las tareas implicadas en la conducción, que depende del estadio del proceso de adquisición de las habilidades y destrezas para la conducción en el que el conductor se encuentra.

♦ Los errores más característicos de los conductores noveles

Los errores comportamentales a nivel de los procesos psicológicos de orden inferior (perceptivos, atencionales y motores) y superior del procesamiento de la información (interpretacionales, evaluativos y decisionales) característicos de los conductores noveles, en general tienen su origen en la fatiga temprana que aparece debido al gran esfuerzo mental que estos conductores llevan a cabo puesto que atienden, perciben y responden ante estímulos e informaciones irrelevantes, por la falta de consolidación de los procesos de adquisición de las habilidades y destrezas motoras, perceptivas y atencionales, que les dificultan la adecuada discriminación del grado de relevancia de las variadísimas estimulaciones que reciben del entorno vial.

En definitiva, los errores más característicos de los conductores noveles se producen por un “desequilibrio” en la dinámica bidireccional del procesamiento de la información, en el sentido de que llevan a cabo un excesivo procesamiento de **abajo a arriba**, con el consiguiente esfuerzo mental que esto supone y la aparición de una fatiga temprana en la conducción.

Puesto que en los conductores noveles predomina el nivel de control cognitivo semi-consciente y consciente, los tipos de error más característicos de estos conductores son los errores basados en reglas y en conocimientos.

En particular, muchos de los errores en la conducción que se producen por la inexperiencia son debidos a un inadecuado conocimiento -esquemas mentales inadecuados, por tanto- sobre las situaciones de riesgo y sobre las propias habilidades (Gregersen y Bjurulf,

1996; Brown, 1996, 1994, 1989; Gregersen, 1994; Brehmer, 1990; Lourens, 1989; Groeger y Brown, 1989).

♦ **Los errores más característicos de los conductores experimentados**

En cuanto a los errores más característicos de los conductores con experiencia, éstos generalmente ocurren debido a la inflexibilidad o rigidez cognitiva (o “excesiva automatización”) que los conductores tienden a desarrollar con los años de experiencia en la conducción, que lleva a que no contemplen las diferentes alternativas de acción que pueden tener ante la presentación de cualquier estímulo o situación.

El sobre-aprendizaje y la excesiva rutina en la actividad de conducir en general, que ocurre como resultado de la repetición durante años de dicha actividad, puede tener sus efectos negativos.

En definitiva, los errores más característicos de los conductores experimentados se producen por un “desequilibrio” en la dinámica bidireccional del procesamiento de la información, en el sentido de que llevan a cabo un excesivo procesamiento de **arriba a abajo**, que conduce a una rigidez en las expectativas y “automatismos” ante las diversas tareas y situaciones de tráfico y conducción, rigidez o inflexibilidad que les lleva a “confiar” excesivamente en sus estructuras de conocimientos almacenados para gran cantidad de situaciones viales, y a no tener en cuenta (o “no confirmar”) adecuadamente la información exterior que reciben a través de sus sentidos, lo que les lleva a cometer los errores de rutina.

1.6. INVESTIGACIÓN DE LOS ACCIDENTES: EL RECUERDO DE SUCESOS

Por los estudiosos de este campo es aceptado el hecho de que la memoria humana trabaja por fases, es decir, podríamos hablar de un proceso más que de una acción unitaria.

La memoria humana tiene lugar en función de cuatro pasos básicos:

1. La **percepción** que puede ser voluntaria o involuntaria y la podríamos definir como todo aquello que percibimos por nuestros sentidos.
2. La **codificación**, es un proceso que lo que hace es organizar la información para que pueda ser retenida. La podríamos comparar como un traductor de “idiomas”.
3. La **retención** es otro de los pasos de la memoria humana, en esta fase la información codificada se queda en el cerebro hasta que decidamos lo que vamos a hacer con ella.
4. Por último tenemos la **recuperación**, que es la más importante ya que nos permite recuperar las informaciones que ya habíamos retenido y que ahora necesitamos.

1.6.1. Percepción y codificación

Podríamos decir que son aquellos factores que actúan en los primeros momentos del proceso perceptivo y que hemos subdividido en factores que pertenecen al propio suceso y factores que pertenecen al sujeto (en este caso, el testigo o conductor).

♦ **Factores del suceso**

Condiciones de luz: La falta de luz da lugar a una codificación mucho más empobrecida del suceso que cuando las condiciones luminosas son óptimas, por lo tanto, la codificación pobre del suceso llevará posteriormente a un recuerdo disminuido o distorsionado.

La duración del suceso

Resulta difícil estimar de manera adecuada la duración de los sucesos y cometemos errores sistemáticos cuando se nos piden esas estimaciones; en general, se tiende a sobrestimar la duración de los sucesos breves, mientras que los sucesos más prolongados tienden a ser percibidos como más cortos.

Cuando en el transcurso de un suceso ocurre un gran número de cosas muy rápidamente, podemos percibir que ha transcurrido más tiempo de lo que fue en realidad.

Velocidad y distancia

Las estimaciones que entrañan mayores dificultades para los testigos de un accidente de tráfico son las relativas a velocidad y distancia. Los errores en estimar distancias, sobrestimando y subestimando, son muy frecuentes y pueden variar de unas situaciones y de unas personas a otras. Las estimaciones de velocidad son aún más complejas y el tamaño del vehículo es uno de los elementos principales que lleva a error en las mismas: cuanto más grande es el vehículo, menor es la velocidad estimada.

Este efecto óptico se debe al complicado sistema visual implicado en la percepción del movimiento, pero afecta a la codificación del accidente y, por tanto, tendrá implicaciones en el recuerdo posterior.

Familiaridad

El grado de conocimiento sobre los estímulos afecta de forma importante a nuestro posterior recuerdo sobre ellos. Una persona codifica mejor un objeto o suceso cuando posee más conocimientos sobre los mismos.

Violencia

La mayoría de la gente piensa que cuanto más violento sea el incidente, mejor será después su recuerdo. Sin embargo, diferentes autores han comprobado cómo los delitos que implican un mayor grado de violencia se recuerdan peor que aquellos más neutros.

Para algunos, este efecto se debe a que las personas experimentan mayor estrés cuanto más violencia implica el suceso y puede suceder que no sean capaces de recordar absolutamente nada del suceso, produciéndose una *amnesia retrógrada* para los episodios inmediatamente anteriores, provocada por el *shock* emocional.

Pero esto no significa que en otros casos no pueda recordarse el suceso vivido. Así, debemos mencionar las *memorias de flash*, que son memorias sobre sucesos altamente impactantes por la repercusión que implican. Este tipo de sucesos parecen haber quedado grabados *a fuego* en la memoria de testigos y protagonistas, a juzgar por los detalles que proporcionan y la seguridad con que se expresan, aunque el paso del tiempo altera ciertos detalles que las personas recuerdan sobre lo que hicieron durante los momentos en que ocurría un suceso de este tipo.

♦ **Factores del sujeto**

Si dos personas observan juntas un determinado hecho y luego les pedimos que nos cuenten qué han visto, diferirán en sus descripciones. Esto es debido a que cada persona

codifica la información y la interpreta de acuerdo con sus conocimientos y experiencias anteriores, y esa codificación también está modulada por ciertas variables personales, de las cuales las más importantes para nuestro caso concreto son:

Estrés

Una variable de los testigos que afecta de forma muy importante a la exactitud de sus declaraciones es el estrés (muy relacionado con la violencia del suceso) y este estado de ansiedad puede persistir en las personas implicadas durante el proceso de investigación de la policía. En situaciones de gran estrés, parece que la persona dispone de menos recursos cognitivos para tratar la situación, lo que repercute en una peor codificación del suceso. Esta explicación también podría emplearse cuando los protagonistas y testigos de un accidente se encuentran en un nivel de activación muy bajo, como ocurre cuando se está medio dormido, o cuando los recursos atencionales son escasos, por ejemplo, cuando están atendiendo a otras cosas mientras “ven” el accidente.

Sexo

Si bien podemos afirmar que el sexo parece no afectar a la memoria en un accidente de tráfico, sin embargo, si se han apreciado diferencias significativas en cuanto al contenido de esos recuerdos, pues al parecer hombres y mujeres prestan más atención y recuerdan mejor aquellos aspectos que más les interesan.

La edad

Memoria de niños: la memoria de los niños, por lo que se refiere a su exactitud, es comparable a la de los adultos, ahora bien, el recuerdo es menos completo ya que al tener menos conocimientos la codificación de la información no es del todo adecuada y pueden desestimar información relevante por el mero hecho de no conocer que esta lo es.

Además, los niños pueden ser susceptibles a la sugestión y los más pequeños tienden a aceptar con más facilidad que un adulto las sugerencias encubiertas que les haga un tercero, lo que puede dar lugar a una memoria “nueva” sobre algunos aspectos del suceso.

Memoria de ancianos: Si bien sabemos que en la vejez, la memoria de detalles disminuye significativamente, esto no sucede con otros procesos cognitivos. La principal diferencia entre jóvenes y ancianos parece estar (Yarmey, 1984) en la mayor dificultad de estos últimos para recordar detalles incidentales del suceso,

Expectativas y estereotipos

La memoria de las personas está muy influida por los conocimientos y experiencias adquiridas. Cuando esperamos ver una determinada cosa, esté o no presente, es muy probable que nos parezca verla. Las expectativas tienen un papel muy importante en la percepción y a veces sesgan la información que extraemos del medio.

Además de las expectativas temporales, que se activan por elementos de la situación, hay otras de carácter más permanente, las expectativas culturales o estereotipos, que son creencias compartidas por un número de personas de una cultura determinada.

En el caso de AT, el empleo de estereotipos es práctica habitual y así, por ejemplo, se tenderá a imputar irresponsabilidades en la conducción más probablemente a un conductor muy joven que a uno adulto, o a considerar a mujeres y ancianos como peores conductores.

Las drogas

Las drogas, entre las que destacaremos el alcohol, tienen diversos efectos sobre la memoria. El grado en que pueden deteriorar la memoria depende de las circunstancias en que se han tomado y de los rasgos psicológicos de las personas que han hecho uso de ellas.

Algunos experimentos (véase Loftus y Doyle, 1992) muestran que dos o tres copas de alcohol afectan negativamente a la codificación de información nueva en la memoria y tienen menos efectos sobre la recuperación. Otros estudios indican que el consumo de marihuana afecta a la adquisición de nueva información, de esta manera las personas bajo los efectos de esta droga serán menos capaces de recuperar la información.

Otro tanto ocurre con las benzodiazepinas (fármacos que se utilizan para reducir los niveles de ansiedad), ya que según estudios experimentales tanto el diazepam (valium) como el lorazepán tienen efectos negativos sobre el almacenamiento de información en la memoria.

1.6.2. Retención y recuperación

Las variables más importantes implicadas en estos procesos son la *demora* o tiempo transcurrido desde que se produce el suceso hasta que se pide a testigos e implicados que recuperen la información, y la *información postsuceso* que puede deslizarse en el momento de la recuperación y dar lugar a sugerencias encubiertas que alteran el recuerdo.

La demora

Cuanto más tiempo pasa desde que sucede el accidente hasta que se le toma declaración a testigos e implicados en el mismo, peor será el recuerdo de estos. La evidencia empírica de este deterioro de la memoria debido al paso del tiempo se mostró ya en el siglo XIX, con lo que se conoce como “*curva del olvido*” de *Ebbinghaus*, que muestra que el paso del tiempo afecta de manera desigual al recuerdo. Al principio, el deterioro de la memoria es muy fuerte, pero a medida que va pasando el tiempo este deterioro se suaviza.

Ahora bien, la pérdida de información depende, entre otros factores, de lo que se haga durante ese tiempo. Si se repasa lo que hemos aprendido de antemano el recuerdo puede prolongarse de forma indefinida, e incluso mejorarse.

Si bien es cierto que el repaso ayuda a suavizar la “*curva del olvido*”, también lo es que puede dar lugar a que aparezca información que no haya sucedido realmente.

Información postsuceso

Los protagonistas y testigos cuentan el accidente varias veces, lo comentan entre ellos y contestan a las preguntas que se les formulan sobre aspectos concretos del mismo. Sea a través de las preguntas, o a través de los pensamientos del que tiene que recordar, es posible que se añada nueva información después de la codificación inicial. Así, un testigo puede oír comentar a otro que el conductor iba distraído hablando por teléfono cuando sucedió el accidente y, a partir de ese momento, “recordar” que él mismo había observado esa conducta.

1.6.3. Cómo mejorar el recuerdo

Al tomar declaraciones a los implicados y testigos en un accidente de tráfico, el mejor formato de preguntas (de las más generales a las más específicas) siempre será como sigue:

En primer lugar, pedir una **narración** del suceso **en las propias palabras** de la persona, y sin interrumpir ni formular preguntas demasiado concretas. El tipo de instrucciones para solicitar esta narración podrían ser aproximadamente: “*Cuéntenos Vd. lo que ha ocurrido, con el mayor detalle posible*”. Por supuesto, ha de quedar claro que se pregunta por todo el suceso y por el mayor número posible de detalles.

Una vez concluido el relato de la persona, se puede dar el segundo paso: formular cuestiones concretas sobre el accidente.

Las primeras deberían hacer referencia a los aspectos de **ambientación** del accidente. Estas cuestiones permiten situar a la persona en el contexto del suceso original, lo que mejora el recuerdo. En este grupo de cuestiones de ambientación se incluyen aquellas como “¿*de dónde venía usted?*”, “¿*hacia dónde iba usted?*”, “¿*Cuánto tiempo hace que ha ocurrido?*”, etc. Las siguientes preguntas deberían formularse teniendo en cuenta dos aspectos fundamentales e interrelacionados: lo que se ha denominado como “*fiabilidad entre personas*”, y la forma gramatical de la interrogación. Según resultados experimentales, la clase y la procedencia de los vehículos son las cuestiones más fiables respecto a la dinámica del accidente. Las preguntas menos fiables se refieren a la velocidad de los vehículos, el estado en que quedan y, curiosamente, sus colores respectivos.

La estructura gramatical de la interrogación se refiere aquí, básicamente a dos tipos de preguntas: abiertas y cerradas. Se entiende por pregunta abierta aquélla que tiene muchas alternativas potenciales de respuesta (“¿*de dónde venía el vehículo contrario?*”), frente a la pregunta cerrada, que fuerza a elegir entre un número mínimo de alternativas, como Si/No, (“¿*salía el coche contrario de la calle X?*”). La recomendación que se desprende de esta distinción es que las preguntas deben tender a formularse de la forma más abierta posible, dejando que el que responde pueda buscar en su memoria con mayor libertad la respuesta correspondiente. Otro aspecto del formato gramatical de las preguntas se refiere a la complejidad de la cuestión. En una cuestión larga o compleja (“¿*Vio usted el coche amarillo cuando pasó frente la señal de stop?*”) es más probable que si se incluyen supuestos que no son ciertos, puedan pasar más desapercibidos que en una sencilla, donde rápidamente atraerían la atención y se podrían rechazar.

En la misma dirección puede hacerse otra recomendación; en la medida de lo posible conviene que las personas interrogadas no se escuchen unas a otras. Si antes la fuente de interferencia era el formato de las cuestiones formuladas, ahora podemos entender que las respuestas que dan las otras personas intervinientes pueden ser también una fuente adicional de interferencia que puede cambiar la memoria original.

Una recomendación derivada de las relaciones encontradas entre estereotipos de sexo y edad, es que en la medida de lo posible, las preguntas se refieran a los vehículos y no a sus conductores para evitar identificar a estos por su edad, su sexo, u otras características personales. Si las circunstancias lo permiten, puede ser muy ventajoso que la persona que

responde pueda dibujar un croquis del lugar del accidente indicando la situación inicial de los vehículos, su dirección y la posición final.

2. ALCOHOL Y CONDUCCIÓN

2.1. INTRODUCCIÓN

Como ya se ha mencionado anteriormente, dentro del contexto de los factores susceptibles de causar el siniestro, el alcohol, según todas las estadísticas e indicios científicos, parece tener una especial relevancia junto con las distracciones, la velocidad inadecuada y la fatiga (Montoro, Tejero y Esteban, 1995). Es por ello que el conocimiento de todo lo relacionado con el consumo de bebidas alcohólicas y la conducción, es fundamental para lograr una mayor seguridad vial.

2.1.1. Descripción del alcohol. Mecanismos de acción

El alcohol etílico o etanol responde a la fórmula $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-ALCOHOL}$, tratándose pues de una sustancia de bajo peso molecular $\text{Pm}=46$, lo que explica que atraviese fácilmente la barrera hematoencefálica y llegue al cerebro en breve tiempo tras la ingesta y su origen es la fermentación anaeróbica de los hidratos de carbono.

En la actualidad se sabe que el etanol interactúa con determinadas proteínas situadas en la membrana neuronal que son responsables de la transmisión de señales. Entre los puntos en los que el etanol actúa se encuentran canales iónicos, transportadores, receptores, proteínas G y protein-quinasas. La interacción del etanol con sus proteínas diana da lugar a cambios de actividad de numerosos enzimas y reguladoras de la expresión génica.

El hecho de que la conducta de los individuos que han consumido alcohol sea externamente más activa no es debido a que el alcohol tenga efectos excitatorios, sino porque se han inhibido los centros cerebrales encargados de controlar las inhibiciones. Esto explica el porqué los conductores bajo los efectos inmediatos del consumo de bebidas alcohólicas presentan brotes eufóricos que se traducen en una pérdida de la valoración del riesgo real incrementando las conductas imprudentes.

El alcohol es una droga psicótropa, fundamentalmente depresora del SNC, con acción reforzante positiva y capacidad de crear dependencia psicofísica, tolerancia y adicción. Ingerido de forma aguda, produce una activación del circuito de recompensa cerebral, induciendo sensación subjetiva agradable de euforia, desinhibición, sedación e inducción al sueño (Izquierdo, M. 2002).

2.1.2. Tipos de bebidas alcohólicas

Existen dos tipos de bebidas alcohólicas: las fermentadas y las destiladas. Las bebidas fermentadas son las procedentes de frutos o cereales: uva, manzanas, peras, cebada, etc. Por la acción de ciertas sustancias microscópicas (levaduras), el azúcar que contienen se convierte en alcohol. Entre estas tenemos el vino (producto resultante de la fermentación de las uvas frescas o del mosto) y la cerveza, que se obtiene a partir de la malta cervecera.

Las bebidas destiladas se consiguen eliminando, mediante calor, una parte del agua contenida en las bebidas fermentadas. Tienen, por consiguiente, más cantidad de alcohol que las bebidas fermentadas. De entre las más conocidas tenemos el brandy que deriva de destilados del vino, la ginebra que resulta de la destilación de macerados de enebro y otros cereales y el ron, que se obtiene por fermentación y destilación del jugo de la caña de azúcar.

El porcentaje de alcohol que contiene una bebida es el grado alcohólico. Así por ejemplo cuando decimos que el vino tiene 12 grados, significa que el 12% de esa bebida es alcohol puro. En las bebidas fermentadas el grado alcohólico oscila entre 4 grados de la sidra, a los 12 ó 20 grados de los diferentes tipos de vino, mientras que en las bebidas destiladas suele oscilar alrededor de los 40-45. Podemos establecer cierta equivalencia entre el consumo de una jarra de cerveza de 380 ml, un vaso de vino de 180 ml, y una copita de licor de 25 ml.

2.2. ALCOHOL: CONSUMO Y SINIESTRALIDAD

El abuso del alcohol lo convierte en una droga peligrosa, pese a que beber sea una costumbre socialmente aceptada y forme parte de muchas relaciones personales. (Von Wernitz, 1989).

La evidencia epidemiológica disponible en el año 2008 indica que el consumo de alcohol en los conductores de vehículos a motor fallecidos en accidente de circulación está presente en el 30,97% de los mismos (habiendo analizado al 50,5% del total de conductores fallecidos). Si nos fijamos además en otro tipo de accidentes, Wechsler (1985) halló alcohol en el 30% de lesionados de tráfico, del 22% de accidentados domésticos, del 16% de víctimas de accidentes laborales y del 54% de casos de lesiones por peleas o agresiones.

Alrededor del 30% de accidentes de tráfico no mortales y del 50% de los mortales son atribuibles al alcohol. El alcohol aparece con mayor frecuencia en los accidentes de tráfico de los países Mediterráneos que en el Norte de Europa y el riesgo de sufrir un accidente de tráfico es mayor en los bebedores excesivos esporádicos.

Conducir bajo los efectos del alcohol es la principal causa aislada de muerte en los adultos jóvenes, que son víctimas de su doble inexperiencia como bebedores y conductores. y tienen un riesgo que ha sido estimado en torno a 10 veces mayor que el resto de conductores por su inexperiencia y por la sobrevaloración de sus capacidades. El riesgo no sólo afecta a los conductores, sino también a los pasajeros, que no dudan en montarse en un vehículo conducido por una persona que ha bebido, conducta que se da sobre todo en fines de semana.

Esto ha llevado a afirmar que el alcohol multiplica por 100 el riesgo de accidente de tráfico porque como después veremos modifica la aptitud y la actitud del conductor.

En una encuesta reciente realizada en España, se llegó a la conclusión que son consumidores habituales (diarios) de bebidas alcohólicas el 51,7 % de los encuestados y que los hombres beben cuatro veces más que las mujeres.

2.2.1. Evidencia epidemiológica

El alcohol es, con diferencia, la sustancia psicoactiva más consumida en la sociedad española, así como la que más problemas de salud ocasiona (accidentes de tráfico, enfermedades, etc.). Según los datos del Plan Nacional sobre Drogas, el 59,4% de la población ha consumido alcohol en los últimos 30 días, mientras que el 10,2% de los encuestados afirman que lo consumen a diario.

Es importante resaltar que los jóvenes españoles (y otros sectores de la población) se acercan cada vez más al denominado "modelo anglosajón" de consumo de bebidas alcohólicas, que se caracteriza por:

- ~ Consumir compulsivamente alcohol sobre todo los fines de semana.
- ~ Alto consumo por las tardes y por las noches, en compañía de amigos.
- ~ Aumento de la ingestión de bebidas destiladas y sobre todo de cerveza.
- ~ Incremento del grupo de consumidores de edades muy bajas.

Pese a que el grupo de edad de 15 a 24 años tan solo representa el 10% de los conductores, suponen el 18% de los fallecidos duplicándose esta cifra los fines de semana, aumento explicado en gran parte por el consumo de alcohol, bien aislado o con la conjunción de otras drogas, que explican el proceso causal de esta verdadera epidemia.

Es necesario poner claramente de manifiesto finalmente que tras las enfermedades cardiovasculares y el cáncer, el alcoholismo se sitúa como tercera causa de fallecimientos.

2.2.2. Alcohol y fisiología humana

El consumo abusivo de alcohol se acompaña de un amplio espectro de **trastornos orgánicos**, derivados de la acción directa de la oxidación del alcohol y de la producción de acetaldehído, de los efectos detergentes del propio alcohol sobre las membranas celulares y de la frecuente asociación con deficiencias nutricionales.

A su vez, el alcohol puede ser causa de importantes **alteraciones psíquicas**: deterioro intelectual, pérdida de memoria, cambios en el estado de ánimo, degradación de la propia imagen, psicosis agudas con celos, paranoias, alucinosis, etc. Junto a estas aparecen otras negativas **repercusiones sociales** como desintegración de la familia, pérdida de prestigio, rechazo del entorno, deterioro socioeconómico y las repercusiones en la vida laboral, a que normalmente llega la persona que abusa del alcohol (Montoro, Tortosa y Soler, 1988).

2.3. ALCOHOL, SEGURIDAD VIAL Y ACCIDENTES DE TRÁFICO

Desde la década de los años treinta existe evidencia científica sobre la relación existente entre el consumo de alcohol y el riesgo de accidente de circulación. En 1964, Robert F. Borkenstein dirigió el primer gran estudio al respecto, demostrando que aquellos conductores que presentaban 0,5 gramos de etanol por litro de sangre tenían casi el doble de probabilidad de sufrir un accidente que quienes no habían ingerido alcohol (Borkenstein, R. et al, 1964). Según el Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses, la implicación del alcohol en los accidentes es considerable en nuestro país, al hallarse que aproximadamente el 40% de los fallecidos en accidente de tráfico en carretera el año 2008 dieron positivo en alcohol, drogas y/o psicofármacos, mientras que 35.000 personas fueron condenadas por conducir con una tasa de alcohol en sangre superior a 1,2 gr/l.

Esto ha llevado a afirmar que el alcohol multiplica notablemente el riesgo de accidente de tráfico y este es de resultados más lesivos, debido en parte a la reducción de la respuesta al trauma (que incrementa el riesgo de sufrir lesiones mortales), así como por las circunstancias que lo rodean: más velocidad, accidente nocturno, vuelcos, etc.

Se da un hecho ciertamente peligroso y en el que se ha reflexionado poco: la ausencia en bastantes ocasiones de consecuencias aversivas ante la conducta de beber y conducir. En efecto, cuando el conductor transgrede la norma y conduce bajo los efectos del alcohol y no le ocurre ninguna consecuencia desagradable, sino que por el contrario alcanza metas "satisfactorias" sin accidentes o sanciones, su conducta se verá reforzada y se producirá un

proceso de disonancia cognitiva que resolverá con un cambio de actitudes hacia la aceptación del riesgo.

2.3.1. La alcoholemia y sus determinantes

La determinación de la impregnación etílica se realiza, valorando la tasa de concentración de alcohol en sangre, o de alcoholemia. Es decir, el volumen de alcohol presente en la sangre, expresado este en gramos de alcohol por cada mil centímetros cúbicos de sangre o el equivalente en aire espirado.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) incide en el hecho de que la mayor parte de los países muestran preocupación por la relación alcohol y accidentes de tráfico, lo que está llevando a una tendencia a la baja en las tasas de alcoholemia, con criterios de reducción paulatina hasta poder establecer el límite entre 0.1- 0.2 g/l para conductores en general y a 0 g/l para los profesionales.

Para determinar la tasa de concentración de alcohol en sangre (BAC) se pueden utilizar distintos procedimientos. En todo caso se puede utilizar la siguiente formula que en la autoevaluación presenta menos complicaciones:

$$BAC = \frac{V \cdot GI \cdot d}{P \cdot R \cdot 100}$$

d= Densidad del alcohol (0,79433 g/cc)

V= Volumen o cantidad de bebida en cc.

P= Peso corporal

R= Factor de reducción (0,68 para el hombre y 0,55 para mujeres)

GI= Graduación de la bebida

2.3.2. Variables que afectan a la alcoholemia

La alcoholemia, sus efectos, la velocidad de difusión, la absorción y desaparición del alcohol, etc., dependen de una serie de variables de entre las que podríamos destacar:

La cantidad de alcohol ingerido

Lógicamente a mayor cantidad de alcohol ingerido mayor será la alcoholemia.

La rapidez con que se ingiera la bebida

El etanol es una sustancia polar, miscible en cualquier proporción con el agua y, por su pequeño tamaño molecular atraviesa las membranas celulares por difusión simple. La tasa de absorción va a depender directamente de la velocidad de ingesta (Geokas, T; Kiernan, T., y Leevy, CM 1981). Es decir, la ingesta rápida, -especialmente con el estómago vacío-, de una cantidad importante de etanol, produce en condiciones normales una elevada alcoholemia de ascenso rápido, un hecho que es preciso conocer para que no sorprenda al conductor.

Las características del alcohol que se toma

El proceso de absorción del alcohol es más lento para las bebidas fermentadas que para las destiladas; la mayor graduación alcohólica acelera el proceso de metabolización al

estimular el sistema enzimático de la alcoholdehidrogenasa (A-DH) (Padova, D.C.; Worner, T.M.; Julkunen, R.J.; y Lieber, Ch.S, 1987).

Algo desconocido es el hecho de que el alcohol gasificado o frío, puede favorecer la rapidez de la alcoholemia, al repercutir sobre la absorción por la posible dilatación de los capilares del estómago. Igualmente y de manera contraria, el alcohol caliente puede que retarde en alguna medida la velocidad de la alcoholemia.

Tener el estómago vacío o lleno

Sabemos que la rapidez de absorción depende del alcohol que llegue hasta el intestino delgado, de tal manera que distintos aspectos como, la presencia de alimentos en el estómago, -entre otros- influye en la velocidad de absorción. Es decir, la absorción es más lenta si las bebidas alcohólicas se ingieren con alimentos.

La edad

Las investigaciones demuestran que las personas menores de 16-18 años y los mayores de 65 años tienen menos capacidad metabólica frente al alcohol y son, en general, más sensibles a sus efectos, de manera que controlan peor los deterioros que este tóxico produce en las capacidades psicofísicas.

La tolerancia al alcohol

Según la O.M.S. la tolerancia se define como "un estado de adaptación caracterizado por la disminución de las respuestas a la misma cantidad de droga o por la necesidad de una dosis mayor para provocar el mismo grado de efecto farmacodinámico". Consumir alcohol frecuentemente hace que disminuyan sus efectos, aún ingiriendo la misma cantidad.

El sexo de la persona

En condiciones normales de peso y edad y con el mismo nivel de alcohol ingerido, las mujeres pueden presentar tasas más elevadas de alcoholemia.

Ello viene dado entre otras variables por la *proporción de tejido adiposo* (mayor generalmente en las mujeres), por el contenido de agua que tiene el organismo (el alcohol se reparte por los tejidos proporcionalmente al contenido de agua de éstos. La mujer tiene aproximadamente entre 0.5-0.6 litros de agua por kilo de peso frente al 0.6-0.7 del hombre), por la actividad de la enzima alcoholdehidrogenasa de la mucosa gástrica en la metabolización del alcohol (menor en la mujer) y finalmente, desde el trabajo de Galamnos en 1978 se atribuye al aumento, en la mujer (especialmente joven) de la fosfatidilfosfolipasa, que facilitaría en igualdad de condiciones una mayor esteatosis hepática.

El peso de la persona

Con la misma cantidad de alcohol y a igualdad de condiciones, a mayor peso habrá mayor cantidad de tejido donde repartir el alcohol y por lo tanto su concentración será menor.

La hora del día

El sujeto tiene unos ciclos en su actividad biológica, que varían sensiblemente de la noche al día o de la mañana a la tarde. Por el día -en general- los mecanismos biológicos

están más activos que por la noche, debido a la ralentización que se produce en la metabolización del alcohol durante el sueño.

Las circunstancias personales

Factores como el cansancio excesivo, , tener la regla (Piqueras, 1973), no haber dormido adecuadamente, tener alguna enfermedad, la tensión nerviosa, el estrés, el estar tomando medicación, el tomar demasiado café o fumar en exceso, etc., al sobrecargar al organismo de forma importante pueden tener incidencia sobre la alcoholemia.

2.3.3. Metabolización del alcohol y la curva de la alcoholemia

La intensidad de la alcoholemia varía en el tiempo como resultado de los procesos de absorción, distribución y eliminación por parte del cuerpo. El alcohol, una vez ingerido, puede ser absorbido a lo largo de todo el tracto gastro-intestinal desde la boca hasta el recto; no obstante la absorción se lleva a cabo mayormente a través del estómago, intestino delgado, duodeno y yeyuno (Batt, 1989), detectándose en la sangre a los cinco minutos de ingerido. Alcanza su máximo nivel plasmático entre los 30 y los 90 minutos, atraviesa con facilidad la barrera hematoencefálica y pasa al líquido cefalorraquídeo (LCR).

Cuando el alcohol llega a la sangre se reparte por todos los tejidos del organismo, según el contenido de agua que tengan éstos. Así, la mayor proporción de alcohol se encuentra en la sangre y el cerebro y la menor estará en los tejidos óseo y adiposo.

Entre el 90 y el 98% del alcohol que introducimos en el organismo será convertido mediante oxidaciones sucesivas en productos inocuos para él. Estas transformaciones, aunque tienen lugar en todos los tejidos, se verifican principalmente en el hígado a través de la enzima alcoholdehidrogenasa (ADH), que convierte el alcohol en acetaldehído. (Taskinen, M.R.; Walimaki, M.; Nikila, A.E.; Kunsu, T.; Ehnolm, C y Likerik, 1998)

Entre el 2 y el 10% del etanol ingerido se elimina sin metabolizar, principalmente por la orina, aire espirado, sudor y secreción láctea. La eliminación pulmonar es posible gracias a la volatilidad del alcohol, y aunque sólo un 2-3% de alcohol ingerido se elimina por esta vía, desde el punto de vista analítico tiene gran importancia, ya que permite hacer los controles de alcoholemia con una gran facilidad y rigor.

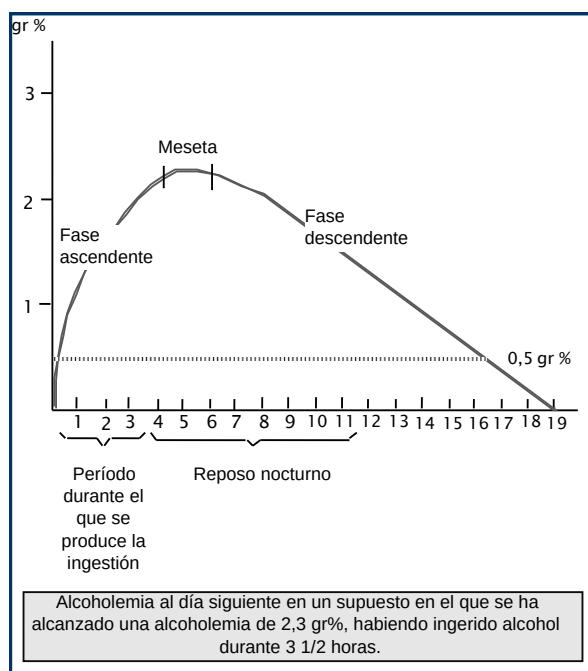
Por norma general, cada hora se metabolizan 0,12 g. por litro, es decir, la tasa de alcoholemia descenderá, teniendo en cuenta las variaciones individuales, 0,12 g/% cada hora.

Para estudiar las variaciones en la concentración de alcohol en sangre a lo largo del tiempo, se utiliza la curva de alcoholemia, que nos da una idea aproximada de cual es el tiempo prudencial que se necesita para conducir un vehículo, después de haber ingerido una determinada cantidad de alcohol.

Una curva típica de alcoholemia tiene tres fases claramente diferenciadas:

- ~ Fase de intoxicación o fase ascendente: consecutiva a la ingestión, fuertemente ascendente por la rápida difusión del alcohol en la sangre.
- ~ Fase de equilibrio (meseta): muestra un vértice o meseta que se corresponde con la máxima concentración de alcohol en sangre.

- ~ Fase de desintoxicación o fase descendente: es una recta lentamente descendente que muestra la velocidad constante de desaparición del alcohol.



Curva típica de la alcoholemia

2.3.4. Medición de la alcoholemia

Para realizar las pruebas de alcoholemia se han utilizado tradicionalmente dos métodos: los "incruentos", en los que se analiza el aire espirado mediante alcoholímetros o etilómetros, y los "cruentos" que se basan en la extracción y análisis de sangre. Si se hacen de manera rigurosa, unos y otros dan los mismos resultados y son por ello perfectamente superponibles.

La medición mediante aire espirado

El método del aire espirado se basa en el hecho de que el alcohol se elimina por vía respiratoria y que su concentración en aproximadamente dos litros de aire espirado equivale a la que existe en un centímetro cúbico de sangre. Es necesario tener en cuenta que esta transformación y medición es posible porque el alcohol etílico es una sustancia volátil y pasa con facilidad del estado de disolución en la sangre al de volatilización en los alveolos pulmonares (Montoro, Tejero y Esteban, 1995).

Para la determinación en el aire espirado, los actuales etilómetros utilizan un proceso muy sencillo: el alcohol que se encuentra en el aire pasa por una célula fuel o de ignición donde el alcohol entra en combustión; la energía que genera este proceso se transforma en electricidad que se refleja en un display numérico en el que ya se indica cantidad de alcohol encontrada, en miligramos de alcohol por litro de aire espirado, con lo que se puede hacer una equivalencia en sangre.

La medición mediante extracción de sangre

Dentro de los métodos cruentos (que se basan en la extracción de sangre) generalizando, pueden diferenciarse varios grupos (Caplan YH, Goldberger BA 2001):

Los métodos específicos, que son aquellos que se basan en las propiedades características del alcohol etílico. Los fundamentales son:

- ~ Métodos cromatográficos, espectrofotométricos (métodos físicos) y método de la alcoholdehidrogenasa (método biológico).

Los métodos basados en reacciones de oxidación-reducción en los que básicamente se utiliza el poder reductor que tiene el alcohol etílico, de los cuales existen varios sistemas.

Sin duda el método más fiable después de la extracción de sangre es el óculo-analizador, que mide alcohol en el vapor expedido por el ojo, y sus resultados guardan mejor correlación con la sangre (0'98) que las medidas respiratorias (0,85). (Taskinen, M.R.; Walimaki, M.; Nikila, A.E.; Kunsu, T.; Ehnolm, C y Likerik, 1998).

Las pruebas complementarias. El diagnóstico clínico

Con el fin de complementar las pruebas de alcoholemia, se pueden hacer pruebas u observaciones adicionales que establezcan la existencia de una intoxicación por haber ingerido del alcohol.

Esto es tanto más necesario si tenemos en cuenta la legislación vigente, ya que en el Código Penal se establece esta necesidad de comprobar que el sujeto está bajo los efectos del alcohol. En los partes sintomatológicos de las autoridades encargadas del tráfico este dato va a ser de suma importancia, ya que va a determinar las responsabilidades penales a que hubiera lugar. Entre la sintomatología externa más común que puede aparecer tras la intoxicación alcohólica estaría la siguiente (Propping, P. 1994):

- ~ **Síntomas oculares:** inyección conjuntival (ojos enrojecidos); alteraciones pupilares (pupilas dilatadas o contraídas); nistagmus (oscilación de los globos oculares en dirección variable); reflejo pupilar torpe (las pupilas necesitan mucha luz para contraerse).
- ~ **Irregularidades y alteraciones respiratorias:** dificultades para respirar sobre todo si se hace un esfuerzo, aparición de hipo y en casos extremos existe una fuerte alteración respiratoria, lo que se ha llamado respiración de Cheyne-Stokes.
- ~ **Conductas anómalas como:** irritación, ganas de polemizar con facilidad, insolencia, indiferencia, fuerte excitación, somnolencia, alteraciones de la memoria, confusión de hechos recientes, desorientación espaciotemporal, etc.
- ~ **Síntomas externos como:** irregularidades en la vestimenta, rubor facial, feto enólico (olor a alcohol en la ropa o cuando se habla), vómitos, etc.
- ~ **Alteraciones de la motricidad y coordinación:** marcha oscilante y tambaleante, caídas, dificultades para darse la vuelta, dificultades para coger objetos, etc.
- ~ **Síntomas en el habla y la boca:** boca seca y pastosa o salivación excesiva (sialorrea), titubeos, tartamudeos, habla ininteligible, etc.

A dosis elevadas se produce una depresión del mecanismo regulador de la temperatura corporal. Este efecto es más peligroso cuando la temperatura ambiente es baja por lo que

es necesario abrigar suficientemente a la persona intoxicada para evitar mayor pérdida de calor.

Existe una amplia variedad de pruebas muy sencillas, complementarias de las observaciones anteriores, que pueden servir como indicios para determinar que un conductor o usuario de la vía presumiblemente está bajo los efectos de alguna bebida alcohólica:

- ~ Tocarse la punta de la nariz con los dedos índices con los ojos cerrados.
- ~ Extender los brazos hacia adelante mostrando los dorsos y las palmas de la mano.
- ~ Hacer andar sobre una raya recta juntando el talón con la punta del otro pie.
- ~ Ver si el conductor se mantiene en pie con los ojos cerrados durante 15 segundos., etc.

2.3.5. Tratamiento legal del alcohol

El tratamiento de la alcoholemia inexcusablemente debe realizarse bajo dos perspectivas, a saber: Una, que tiene una trascendencia *penal*, y otra, *administrativa*, pues desde ambos ángulos y de forma incompatible entre sí –por consideración del principio jurídico “*non bis in ídem*”, se puede incurrir en infracción.

1. Desde la consideración penal, las normas legales que sancionan la alcoholemia en la conducción son las siguientes:

Resolución B (73)26, de 18 de Abril de 1973, dimanante del Consejo de Europa.

Ley Orgánica 10/95 de 23 de noviembre del Código Penal, al referirse a los delitos contra la Seguridad Vial, en los artículos 379 (que sanciona *la influencia y la tasa superior a 0,60 mg/litro*) y el art. 383 (que castiga *la negativa a la realización de las pruebas legalmente establecidas*).

2. Por su parte, la vertiente administrativa sobre bebidas alcohólicas queda regulada en el artículo 12 del texto articulado de la Ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y Seguridad vial, *Real Decreto Legislativo 339/90* y en los artículos 20 al 26 del Real Decreto 1428/2003, por el que se aprueba el Reglamento General de Circulación para la aplicación y desarrollo del texto articulado de la Ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, regulando las tasas que no podrán superarse, el método de investigación de la alcoholemia y las personas obligadas y las pruebas de detección alcohólica a practicar por los *agentes encargados de la vigilancia de tráfico*.

Cabe aún la matización práctica del método operativo para llevar a cabo las pruebas, recogido en la Instrucción 98/TV-11, de la Dirección General de Tráfico.

2.3.6. Efectos del alcohol sobre las capacidades psicofísicas del conductor

El alcohol modifica las capacidades del conductor desde unos niveles de alcohol inferiores a 0,5gr/l (Moskowitz H, Burns MM and Williams Af, 1985). No obstante, el nivel a partir del cual comienza el deterioro no es el mismo en todos los sujetos, habiéndose constatado en niveles incluso de 0,2 gr./l, es decir 1 o 2 vasos de vino en ayunas. El deterioro afecta sobre todo a capacidades como la atención dividida, el seguimiento de una trayectoria, la función visual y la motilidad ocular, los tiempos de reacción, las habilidades psicomotoras, el procesamiento de la información, la capacidades perceptivas y la atención mantenida

(vigilia) (Moskowitz H and Robinson CD, 1988). Factores como la fatiga, la falta de sueño, la tensión nerviosa, el envejecimiento y otros, modifican la magnitud de la discapacidad.

Sus efectos sobre el organismo varían sensiblemente según las dosis y el individuo; pero, en cualquier caso, esos efectos actúan sobre el Sistema Nervioso Central, reduciéndose a una acción, primero, euforizante y, después, narcótica sobre el cerebro, produciendo, según las dosis, una depresión general del Sistema Nervioso que empieza con una leve sedación y va llegando a la anestesia (Soler, Tortosa y Montoro, 1987).

Concentración de alcohol en sangre g/l	Concentración de alcohol en aire espirado mg/l	Signos y síntomas clínicos
<0,3 g/l	<0,15 mg/l	Desinhibición, euforia leve
0,3-0,5 g/l	0,15-0,25 mg/l	Borrachera leve. Logorrea, locuacidad, inyección conjuntival. Euforia. Afectación leve del rendimiento psicomotor
0,5-1 g/l	0,25-0,5 mg/l	Borrachera moderada. Deterioro moderado del rendimiento psicomotor
1-2 g/l	0,5-1,0 mg/l	Borrachera intensa. Sedación, ataxia, disartria, diplopia, nistagmus, deterioro mental y físico, agresividad, excesiva euforia. Taquicardia, taquipnea, trastornos vasomotores. Náuseas, vómitos. Deterioro grave del rendimiento psicomotor
2-3 g/l	1,0-1,5 mg/l	Borrachera muy intensa. Ataxia, sedación, confusión, vértigo, diplopia. Náuseas, vómitos. Deterioro muy grave del rendimiento psicomotor
3-5 g/l	1,5-2,5 mg/l	Coma sin signos de focalidad, hipotermia, hipotonía, hipoglucemia, midriasis bilateral poco reactiva, abolición de reflejos osteotendinosos. Bradicardia, hipotensión y depresión respiratoria. Imposibilidad de conducir
> 5 g/l	> 2,5 mg/l	Muerte

Fuente: Elaboración Comisión Clínica. DGPNsD.

Relación de la alcoholemia y la sintomatología clínica

Síntesis de los principales efectos que produce el alcohol en el conductor:

Repercusiones en el comportamiento

El conductor que está bajo los efectos del alcohol suele tener una falsa seguridad en sí mismo, e incluso en ocasiones un sentimiento subjetivo de creer que tiene una mejor capacidad para conducir, aumentando la tolerancia al riesgo, lo que le lleva a tomar decisiones más peligrosas de lo habitual. El alcohol disminuye también el sentido de la responsabilidad y la prudencia, mientras que aumenta las conductas impulsivas y agresivas

Incremento de las infracciones

El alcohol en la medida en que actúa sobre los centros corticales superiores, deteriora y modifica el procesamiento de la información (Goldberg, 1981). Fruto de esta y otras alteraciones el conductor no solo asume más riesgos (tiene un menor sentido de la responsabilidad y de la prudencia), sino que realiza una errónea evaluación de las situaciones (hace que se capten mucho peor las señales y marcas viales), lo que le lleva a cometer muchos errores que se manifiestan en las infracciones cometidas.

Procesamiento de la información: toma de decisiones y elección de respuesta

En la conducción, debido al continuo desplazamiento y la enorme cantidad de procesos que se ponen en juego, se exige una gran velocidad en el procesamiento de la información, e incluso (según Soler y Tortosa, 1987), una correcta anticipación sobre la acción a realizar.

Con altas concentraciones de alcohol en la sangre se puede producir incluso un bloqueo total de la conducción de impulsos (Alonso Fernández, 1981). El alcohol bloquea la conducción de los nervios periféricos y deprime el Sistema Nervioso Central (Esteban, 1992) haciendo que la capacidad de integración de la información, el procesamiento de ésta, y la toma de decisiones que precede a todo ello, se vean afectadas.

Tiempo de reacción

El tiempo que va desde la llegada del estímulo –eferencia- hasta el inicio de la ejecución de la respuesta –aferencia- es el llamado “tiempo de decisión”, y el tiempo en el que transcurre la respuesta o el movimiento es el denominado “tiempo motor de respuesta”. Estos dos “tiempos” conforman el llamado “tiempo de reacción”, el cual suele oscilar entre 0’5 y los 1’5 segundos. Este tiempo de reacción también se puede analizar en función del estímulo existente. Tiempo de reacción simple (cuando el estímulo a responder es único) y tiempo electivo de reacción (cuando la gama de estímulos es múltiple)

Uno de los cambios más significativos y graves que se producen al consumir alcohol es la alteración del *tiempo de reacción* del individuo. A partir de 0.5-0.8 gramos por mil, la capacidad de reacción disminuye ya de forma muy considerable.

Sobre este aspecto hay que decir que los sujetos con baja tolerancia al alcohol tienen incrementos significativos en el tiempo de reacción simple, incluso con niveles de alcoholemia de 0.6 gramos por mil, mientras que en los sujetos con alta tolerancia al alcohol los incrementos no son significativos incluso ni en el nivel de 0.8 gramos por mil de alcoholemia (Buela-Casal y Caballo, 1990).

Tiempo utilizado en procesar la información

Los conductores afectados por el alcohol, requieren mucho más tiempo para leer las señales de las carreteras (función sensorial), o para reconocer (tiempo utilizado en procesar la información) y responder (tiempo de reacción) a señales de tráfico, que aquellos que no están afectados. Al verse ralentizada la velocidad de procesamiento, y por el contrario no disminuirse la velocidad de afluencia de estímulos, el sujeto debe prescindir de determinadas fuentes de información, para focalizarse en las que ellos creen que son más importantes: las que ocurren en el centro del ambiente perceptivo. De este modo pueden fallar en reconocer

eventos críticos que ocurren en los alrededores, adquiriendo así menos información por unidad de tiempo (Moskowitz y Burns, 1990).

Tiempo motor

La lentificación en los tiempos de reacción de los conductores es especialmente grave en casos como frenadas de emergencia, giros rápidos, evitación de obstáculos o peatones, etc., y la ejecución de maniobras de evitación se vuelve tardía e inapropiada.

Deterioro y alteraciones de las funciones sensoriales

El alcohol afecta en gran medida a los procesos senso-perceptivos y senso-motores que intervienen en la compleja tarea de conducir. Esta sustancia deteriora sobre todo, el sentido de la visión y los procesos sensoriales y perceptivos relacionados con ella, desde que los primeros gramos de alcohol se distribuyen por la sangre.

- ~ Con una alcoholemia de 0.2-0.5 gramos por mil aparece dificultad en percibir correctamente luces y señales.
- ~ A un nivel de 0.5-0.8 gramos por mil comienzan a apreciarse de forma equivocada las distancias.
- ~ Con 0.8-1.2 gramos por mil se reduce el campo visual (visión túnel), existiendo una seria perturbación de la adaptación de los ojos de claro a oscuro.

Alteraciones en la atención

De todos los procesos psicológicos básicos relevantes para la conducción destacan, sin duda, los vinculados al control del mecanismo atencional, pese al tópico, en gran parte erróneo, de considerar la conducción como paradigma de conducta automatizada (Súmalá, 1997; Groeger y Glegg, 1997; Rosello y Munar, 1998).

Sabemos por las investigaciones que tan sólo con 0.15 gramos por mil se empieza ya a ver perjudicada la ejecución en diversas tareas que exigen atención dividida y procesamiento de la información, y con una tasa de 0.5 gramos por mil las distracciones aumentan claramente (procesamiento erróneo de las órdenes, rebase de puntos a los que uno va, incapacidad de procesar adecuadamente las señales, etc.).

Debido a que el mantenimiento del vehículo en posición (línea y dirección) correcta es una demanda continua, los conductores tienden a focalizarse en esta tarea y más concretamente en el centro del campo visual. Como consecuencia se produce un grave fallo a la hora de observar el resto de las condiciones y sucesos del ambiente. (Moskowitz y Burns, 1990). Esto explicaría el porqué cuando se conduce bajo los efectos de alguna bebida, son relativamente frecuentes los accidentes en las intersecciones, y en general todas aquellas situaciones del tráfico especialmente complejas (CSTSCV; 1998).

Trastornos y alteraciones psicomotrices

Conducir un vehículo es una actividad muy compleja que requiere una perfecta sincronización entre los órganos sensoriales y motrices, capacidad que queda bastante deteriorada incluso con cantidades moderadas de alcohol. En este sentido Ranney y Gawron

(1986) hallaron de manera definitiva que, bajo la influencia del alcohol, toda la ejecución motriz resultaba deteriorada en su conjunto, y específicamente la ejecución en las curvas.

En el conductor bebido puede aparecer descoordinación motora, bajo control de los precisos movimientos que requiere la conducción, problemas de acomodación de las órdenes sensoriales a las motrices, disminución notable de la recuperación y del rendimiento muscular de todo el organismo y trastornos del equilibrio.

Cambios en el nivel de activación-alerta

Como depresor, el alcohol hace que la fatiga muscular y sensorial sea mayor de lo normal, da lugar a una disminución de la alerta y la vigilia, el cansancio suele aparecer con bastante rapidez, así como los estados de somnolencia y las pequeñas (pero peligrosas) pérdidas de conciencia en los estímulos de la carretera y del vehículo.

Disfunciones en la percepción

En el ámbito perceptivo, las investigaciones sobre el impacto del alcohol en los conductores han hallado que el alcohol, incluso en cantidades bajas influye negativamente sobre la percepción de la constancia de la forma y del tamaño (Farrimond, 1990) y además influye sobre la audición, alterando la distinción entre los sonidos, cosa en general poco conocida entre los conductores.

Sintetizando, el alcohol puede hacer que se confundan y modifiquen bastante todas las percepciones sensoriales, provocando, por ejemplo, problemas de captación, interpretación y reconocimiento correcto de señales u otros vehículos. Debido entre otras cosas a su efecto depresor, el alcohol altera especialmente la percepción de la velocidad propia y ajena y la distancia de un objeto o a la que se encuentra otro vehículo.

La interacción del alcohol con otras drogas como posible causa de accidente

El alcohol en muchas ocasiones se mezcla con otras muchas sustancias, bien de distribución legal (sedantes, psicofármacos, estimulantes, etc.), bien de disponibilidad ilegal (heroína, cocaína, etc.).

Esta combinación produce reacciones todavía más adversas y peligrosas para la conducción, ya que sus efectos se pueden modificar y potenciar, alterando la capacidad de atención, memoria, reflejos o percepción del conductor, precisándose niveles de alcoholemia, incluso el 50% menores, para obtener los efectos indicados anteriormente.

Merece especial atención la combinación de alcohol y cocaína, ya que el hígado fabrica una nueva sustancia (el etileno de cocaína) que al introducirse en el torrente sanguíneo y cruzar la barrera hematoencefálica produce alteraciones en la transmisión dopaminérgica con más intensidad que la que produce el consumo de cocaína solo, dando lugar a alteraciones de los sentidos, en especial la sensación de que el coche tiene más potencia y frena mejor (Mura, P 1999)

3. LA CONDUCCIÓN BAJO LOS EFECTOS DE LAS DROGAS

3.1. INTRODUCCIÓN

Aunque los datos disponibles en la actualidad acerca de la incidencia de las drogas (en particular las ilegales) sobre la seguridad vial, no son todavía muy concluyentes (Lagier, 1990; Mayor, 1995), no obstante, se estima que entorno al 10% de los accidentes de mayor gravedad, están relacionados con el consumo de algún tipo de drogas. En todo caso sabemos que muchas drogas legales e ilegales diferentes al alcohol, deterioran la capacidad de conducir, incluso en cantidades moderadas e incrementan el riesgo de accidente (del Río y Álvarez, 1996).

En el año 2008, y según el Instituto Nacional de Toxicología, casi un 40% de los conductores fallecidos en accidente de tráfico dieron positivo en alcohol, drogas y/o psicofármacos. De este 40% de casos positivos, el 27% había consumido algún tipo de droga.

3.1.1. Breve apunte sobre las drogas

Según la O.M.S “droga” es toda sustancia que, introducida en el organismo por cualquier vía de administración produce una alteración de algún modo, del natural funcionamiento del sistema nervioso central del individuo y es, además susceptible de crear dependencia, ya sea psicológica, física. Así, se trata de productos que producen alteraciones tanto en el ámbito cognitivo, como afectivo y comportamental, viéndose afectados el nivel de activación, la percepción y la atención, el estado de conciencia, el estado afectivo, etc.

Las drogas producen una fuerte *dependencia física* (alteración en el funcionamiento fisiológico del organismo, que requiere ahora de la droga para un adecuado equilibrio metabólico) y/o *psíquica* (necesidad, vivenciada por el sujeto) que impulsa al sujeto de manera irreprimible a la ingesta del tóxico de forma continuada, con el fin de experimentar sus efectos placenteros o para evitar el malestar producido por la privación de la misma.

Hablamos de *potenciación* cuando la administración simultánea de dos tipos de drogas produce un efecto mayor que el que producirían si se administraran por separado. Por ejemplo, tomar a la vez un poco de alcohol y una pequeña cantidad de barbitúricos produce una depresión del Sistema Nervioso Central mayor que si sumamos los efectos que cada una provocaría separadamente (cocaína y whisky, marihuana y cerveza, etc.).

3.2. CLASIFICACIÓN DE LAS DROGAS PSICOACTIVAS

De entre todas las clasificaciones clínicas nos centraremos principalmente en la propuesta realizada por Chalout en los años setenta. Este autor clasifica las sustancias psicoactivas en tres grandes grupos en función de su acción sobre el Sistema Nervioso Central (SNC): depresoras, estimulantes y alucinógenos o despersonalizantes.

3.2.1. Depresoras o psiclépticas

Son aquellas que actúan sobre el Sistema Nervioso Central disminuyendo la activación y producen como efectos principales sedación, relajación, y sensación de bienestar. Respecto a la conducción, afectan a la atención, a la percepción visual y a la capacidad de

identificación de estímulos, que se traducen en un enlentecimiento en el procesamiento de la información y de las respuestas del sujeto cuando maneja un vehículo.

Dentro de este grupo estarían el *alcohol*, los *opiáceos* (morfina, codeína, heroína y metadona, entre otros), los *hipnóticos* y *sedantes* (barbitúricos y no barbitúricos).

3.2.2. Estimulantes o psicoanalépticas

Son sustancias cuyo efecto es el de estimulación y que producen un estado de excitación o aceleramiento de las funciones psíquicas o biológicas. Actúan, pues, sobre el Sistema Nervioso Central aumentando la activación, como las anfetaminas y derivados, la cocaína, las xantinas (té, café) y las drogas de diseño como el éxtasis (Alguacil, 1996), provocando en el individuo una tendencia a sentirse especialmente capaz para la conducción.

3.2.3. Alucinógenas o psicodislépticas

Son aquellas que pueden alterar notablemente la percepción, provocando en el sujeto distintas distorsiones perceptivas, ilusiones y alucinaciones de intensidad variable. En este grupo se incluirían, drogas como el *cannabis* y sus derivados (marihuana, hachís y aceite de hachís), los *alucinógenos* (LSD, psilocibina, mescalina y peyote), los *inhalantes* (disolventes, colas, pegamentos, etc.), y *ciertos tipos de fármacos* (antidepresivos, corticosteroides, anticolinérgicos, beta-bloqueantes, etc.) (Andrew y Winifred, 1999).

Estas drogas producen fuertes estados de desorientación temporoespacial que junto con las sensaciones subjetivas de bienestar y relajación, provocan una disminución de la reacción ante los estímulos. Sus consecuencias para la conducción radican en los estados alterados de conciencia, las alteraciones perceptivas, las dificultades para fijar la atención y una notable disminución de los reflejos y de la coordinación motriz en general.

3.3. IMPLICACIONES DEL CONSUMO DE DROGAS EN LA CONDUCCIÓN Y LA SEGURIDAD VIAL

Los efectos que tendrán las drogas en el conductor, tanto a nivel físico como comportamental, dependen de un complejo conjunto de variables, de entre las que se podrían destacar: la cantidad y calidad del tóxico, la edad y estado psicofísico general del individuo, las posibles mezclas simultáneas o cíclicas con otros productos, el tiempo de toma de la sustancia, el estado psicológico en el momento de la ingesta, la vía de ingestión y el proceso metabolizador y el tipo de sustancia o droga de que se trate (Mayor y Montoro, 1995).

SUSTANCIAS	EFFECTOS	CONSECUENCIAS PARA LA CONDUCCION
Depresoras del Sistema Nervioso Central	Psicolépticos	

<i>Opiáceos</i> – Morfina – Codeína – Heroína – Metadona – Pentazocina <i>Alcohol</i> <i>Hipnóticos y sedantes</i>	• Relajación • Sedación • Sensación de bienestar	• Error en la toma de decisiones • Alteración en la capacidad de identificación • Percepción visual deficiente • Enlentecimiento en el procesamiento de la información

Estimulantes del Sistema Nervioso Central	Psicoanalépticas	
<i>Anfetaminas y derivados amfetamínicos</i> <i>Cocaína y "crack"</i> <i>Xántinas</i> • Té • Café <i>Drogas de diseño</i>	• Euforia • Estimulación excesiva	• Sobrevaloración de las propias capacidades
Perturbadoras del Sistema Nervioso Central	Psicodislépticas o psicotomiméticas	
<i>Depresoras derivadas del cannabis</i> <i>Alucinógenos</i> • LSD • Mescalina ... <i>Nicotina</i> <i>Inhalantes</i> • Disolventes • Colas <i>Otros fármacos</i> (antidepresivos, corticosteroides, anticolinérgicos, beta-bloqueantes, etc.)	• Distorsiones perceptivas • Ilusiones • Alucinaciones • Relajación • Euforia	• Dificultad para fijar la atención • Alteración de la coordinación motora • Trastornos de la personalidad • Disminución de los reflejos

Efectos y consecuencias para la conducción de las drogas más generales

3.3.1. El opio

Entre los posibles efectos interferentes en la conducción, cabría destacar los siguientes: estado similar a la embriaguez y efecto euforizante, que puede llevar a una menor apreciación del riesgo, alteración de la percepción y cierta somnolencia, con disminución de la capacidad para reaccionar ante los estímulos aversivos. Es importante destacar también que entre los efectos adversos en la conducción se encuentra la rigidez muscular que producen.

Esta rigidez parece deberse a una acción directa de los opiáceos en los núcleos mesencefálicos y a la hiperactividad subsiguiente de las motoneuronas alfa (López, Álamo, Cuenca, 1997).

Asimismo, la irritabilidad, ansiedad, malestar, escalofríos, calambres, pánico, y otros síntomas que componen el síndrome de abstinencia de estas sustancias, dificultan gravemente, e incluso impiden en muchos casos, desarrollar las tareas exigidas por la conducción. Estas manifestaciones que se producen tras la supresión del consumo de los opiáceos constituyen, pues, un elevado peligro para la seguridad (Cone y Preston, 2002).

3.3.2. La cocaína

La acción de esta droga aparece entre dos y cinco minutos después de aspirar, y se prolonga durante media hora larga antes de ir declinando. En cuanto a los posibles efectos inmediatos sobre las capacidades de los conductores, la intoxicación aguda por esta sustancia provoca la desaparición de las inhibiciones y un fuerte estado de excitación eufórica, sensación subjetiva de energización, audacia y competitividad, hiperexcitación y taquicardia, todo lo cual tiende a disminuir la percepción del riesgo y a disparar la tendencia a aumentar las conductas arriesgadas, la transgresión de las normas y el abuso de la velocidad excesiva o inadecuada (Wolschirijin; Del Gier y De Smet, 1997).

Los efectos de la cocaína hacen que el conductor experimente una sobrevaloración de sus capacidades y un exceso de autoconfianza y omnipotencia que le impiden evaluar adecuadamente los riesgos.

La cocaína altera la percepción, produciendo numerosos errores de captación sensorio-perceptiva, frecuentes estados confusionales e incluso alucinaciones con delirios. También ocasiona alteraciones en la visión que, unidas a una cierta pérdida del control psicomotor y a sus efectos sobre la atención, pueden fácilmente desencadenar un siniestro.

Sin embargo, y aunque los efectos vienen a durar entre 20 y 30 minutos, la cocaína ejerce su acción sobre los procesos atencionales durante al menos 2 ó 3 horas más. El error de la persona que consume cocaína es pensar que ésta sólo actúa mientras persisten los síntomas placenteros, cuando realmente la función psicomotora está alterada durante varias horas.

Especialmente peligroso en el conductor que consume cocaína es su combinación con alcohol, porque al ser la cocaína un potente estimulante de corta duración enmascara los efectos alcohólicos. Sin embargo esto no significa que el sujeto no presente serios deterioros en los diferentes procesos necesarios para conducir, incrementando claramente la probabilidad de tener un accidente (Wasthon, 1995).

En los casos de adicción a la cocaína es importante saber que ésta puede llegar a producir trastornos neuropsiquiátricos, trastornos del sueño, agitación, confusión, incapacidad para concentrarse y hasta trastornos psicóticos, y que el síndrome de abstinencia de la cocaína produce también irritabilidad y alteraciones del comportamiento, por lo que resulta igualmente peligroso para la conducción de vehículos con motor, (Mayor y Montoro, 1995; Toledo y Montoro, 1997).

3.3.3. El cannabis

Los derivados del *cannabis* dan lugar a una sensación de relajación, bienestar y somnolencia, efectos que pueden alterar las capacidades psicofísicas de los conductores. En un primer momento puede dar lugar a una sensación de euforia y una especie de estado de ebriedad. Posteriormente -sobre todo en altas dosis - genera hipersensibilidad, con alteraciones perceptivas del espacio y del tiempo y de la información sensorial -en especial de la vista-, siendo bastante común que se de una alteración en la visión de los colores. También puede verse notablemente alterada la capacidad general de reacción del conductor y la aparición de conductas agresivas. En su etapa final provoca dificultades para fijar la atención, facilitando el adormecimiento y la fatiga (Cami 1990, Relmar 1987).

Además, tanto el hachís como los alucinógenos en general, provocan que el conductor pierda el sentido de la trayectoria en especial al salir de las curvas pudiendo colisionar de frente, al invadir el carril contrario con cualquier otro vehículo (Robbe, 1999).

3.3.4. El ácido lisérgico (LSD-25)

Un vez ingerida, la dietilamida del ácido lisérgico o LSD-25, alcanza su máxima concentración a los 10-15 minutos, y tiene unos efectos que suelen durar entre 10 y 12 horas, periodo de acción bastante más largo que el de otros tóxicos y en el que prácticamente se imposibilita el manejo de un vehículo. Este tóxico debido a sus altas propiedades alucinógenas, deforma el entorno que rodea al conductor, con presencia de fuertes ilusiones, alucinaciones (visuales, táctiles, gustativas, auditivas) y profundas alteraciones visuales, especialmente del relieve.

3.3.5. Los inhalantes

Muchos productos de uso general, tanto doméstico como industrial, se inhalan para producir intoxicación. De los que más se abusan son:

- ~ Pegamentos y colas de contacto de secado rápido.
- ~ Pinturas, lacas y disolventes.

Todos estos productos tienen efectos depresores sobre el Sistema Nervioso Central similares a la intoxicación alcohólica durante aproximadamente dos o tres horas, provocando hilaridad, aturdimiento, mirada vacía, excitación e irritabilidad y pueden alterar rápidamente algunas funciones físicas y psíquicas del organismo que son importantes en la conducción (Weis y Millman, 1991).

Dependiendo del tipo de sustancia los resultados varían, pero muchas de ellas pueden afectar negativamente al conductor, produciendo síntomas tan peligrosos para el manejo de un vehículo como calambres en las extremidades inferiores, embriaguez, ansiedad, cierta inconsciencia, cuasialucinaciones, vértigo, descoordinación motora, desorientación espacio-temporal, perturbaciones visuales, etc. (Soler, Tortosa y Montoro, 1989).

3.3.6. Las anfetaminas

Su administración produce una serie de efectos concretos que cabe resumir en los siguientes (Beneit y López, 1990): euforia; aumento de la actividad psíquica; aparición de movimientos repetitivos y estereotipados; disminución de la sensación de fatiga (el

conductor, al no contar con este indicador puede acabar experimentando un agotamiento agudo de graves consecuencias) e incremento del umbral del sueño (puede retrasar su aparición pero no evitarlo más allá de un límite).

Se ha comprobado que un conductor bajo el efecto de las anfetaminas presenta un patrón de conducta similar a la conducción del sujeto agresivo, donde se presenta una serie de registros de la conducción temeraria, es decir, infracciones de alto riesgo bajo el control intencional del sujeto (Gjerde; Christophersen y Morland, 1992).

En lo que respecta a los efectos derivados de la adicción, un peligro muy concreto es que suele provocar una conducta violenta. Asimismo, la intoxicación crónica por administración de anfetaminas provoca la denominada psicosis tóxica anfetamínica, un cuadro muy grave para la conducción, caracterizado por temblor, hiperexcitabilidad y alteraciones psíquicas con desconexión de la realidad (alucinaciones y delirio paranoide).

3.3.7. Las drogas de diseño

De todas ellas, las más frecuentemente utilizadas son las feniletilaminas. A este grupo pertenecen la MDMA, (conocida con el nombre de «Éxtasis») y MDA, congénere químico y con un perfil farmacológico similar al «éxtasis» pero sensiblemente más tóxica (Roig, 1989).

Entre los efectos negativos que produce el MDMA, en función de las dosis y otros factores, pueden afectar directamente a la seguridad se encuentran los siguientes: problemas de concentración y atención, depresión, ansiedad e insomnio; distintas alteraciones perceptivas (una mayor sensibilidad a la luz, dificultades de acomodación visual, visión borrosa, etc.); ilusiones y pseudoalucinaciones (percepción de «movimientos» en la periferia del campo visual, flashes, manchas de luz); en algunos casos, también aparecen alucinaciones auditivas, así como efectos analgésico-anestésicos y sensación de ligereza corporal y flotación. Con alguna frecuencia estos síntomas pueden persistir durante horas o días (Mayor y Montoro, 1995).

Una de las características que más peligros genera en la seguridad vial es aquella que ocurre en los sujetos con predisposición a las paranoias persecutorias lo que les obliga a incrementar la velocidad y a pensar que le persiguen, desarrollando una conducción evasiva y por tanto de máximo riesgo. También se ha observado que la disminución del campo visual junto con la alteración de la percepción del relieve trae como consecuencia que al maniobrar en las curvas los sujetos bajo los efectos del éxtasis tienen tendencia a realizarlas con un ángulo muy abierto.

3.4. PRECISIONES Y MATIZACIONES DE INTERÉS

Tras la descripción realizada queda claro y resulta evidente, pues, que las drogas interfieren en las actividades que conforman el proceso complejo de la conducción e inciden notablemente en la seguridad, representando un factor de riesgo de primer orden.

Hemos observado que existen grupos de sustancias con efectos claramente diferenciables sobre el SNC y, consecuentemente en el comportamiento y reacciones del consumidor. En lo que respecta a la conducción, las capacidades que genéricamente se ven más afectadas por el consumo de drogas tienen que ver con la atención, la percepción visual, la identificación, el procesamiento de la información, la evaluación del riesgo y la

subsiguiente toma de decisiones y el complejo control sensoriomotor (del Río y Álvarez, 1996).

En conclusión, ya sea por los efectos más o menos inmediatos derivados de su autoadministración, ya sea por los que pueden derivarse de su privación (síndrome de abstinencia), las drogas interfieren en las actividades que conforman el proceso complejo de la conducción e inciden por ello en la seguridad, constituyendo un importante factor de riesgo y causa directa de accidente. Por este motivo, la actividad de la conducción ha de entenderse radicalmente contraindicada tras el consumo de cualquier tipo de droga.

4. LA CONDUCCIÓN BAJO LOS EFECTOS DEL SUEÑO

4.1. INTRODUCCIÓN

Según los datos estadísticos, los accidentes nocturnos son los que suelen derivar -en términos relativos- en mayor número de muertes y lesiones graves. Muchas son las causas que los pueden provocar, pero entre ellas encuentra un papel destacado el conducir sin haber dormido el tiempo necesario. Y ello porque *el sueño produce toda una serie de alteraciones negativas en las complejas habilidades psicofísicas que requiere la actividad de conducir* (Montoro, Soler y Tortosa, 1988).

4.1.1. Breve apunte sobre el sueño

El sueño es una actividad que resulta imprescindible para un correcto funcionamiento psicofisiológico. Se ha podido comprobar en numerosas investigaciones, que no dormir durante periodos largos, puede llegar a producir *graves trastornos de tipo físico y ser causa también de importantes desajustes comportamentales*, que pueden llegar incluso a estados psicóticos transitorios.

Pese a esto, son miles los conductores que circulan diariamente por las carreteras sin haber tenido el descanso adecuado y necesario para el correcto manejo de un vehículo. Quizá muchos de ellos porque desconozcan los mecanismos de funcionamiento del sueño y los peligrosos efectos producidos por la falta del mismo (Montoro, Soler y Tortosa, 1988).

- ***El ciclo sueño-vigilia***

El ciclo sueño-vigilia está gobernado por factores tanto homeostáticos (relacionados con la necesidad neurobiológica de dormir) como circadianos (reloj interno que completa un ciclo aproximadamente cada 24 horas), y también está influenciado por la existencia de variaciones cíclicas de ciertos elementos del ambiente, denominados sincronizadores (el principal es la alternancia luz-oscuridad). Así pues, aunque los ritmos biológicos están generados biológicamente, su regulación depende de los sincronizadores (Corsi, 1983).

4.2. IMPLICACIONES DE LA FALTA DE SUEÑO EN LA CONDUCCIÓN Y LA SEGURIDAD VIAL

Aunque disponemos de instrumentos (tanto subjetivos como objetivos) para detectar la somnolencia, no existen en la actualidad test de medida que puedan cuantificar los niveles de ésta. A pesar de que el conocimiento actual se deriva de la evidencia inferencial, un accidente típico relacionado con el sueño es el que tiene lugar durante las últimas horas de la noche/primeras de la mañana o a media tarde, con un único vehículo implicado que a alta velocidad se sale de la calzada y en el que el conductor (que generalmente va solo) no intenta evitar el accidente.

Las causas de la conducción bajo los efectos de la somnolencia o adormecimiento

En general las causas primarias del adormecimiento y la somnolencia en los conductores sin trastornos del sueño, son la privación o pérdida de sueño y la fragmentación de éste. Existe un conjunto de factores predisponentes crónicos y de factores situacionales

ocasionales, que incluyen el uso de alguna medicación sedante, los trastornos del sueño, o el incremento de la somnolencia que tiene como resultado el consumo de alcohol.

- ♦ *La privación o pérdida de sueño*
- ♦ *Aunque las necesidades varíen entre los sujetos, cada periodo de 24 horas es necesario dormir entre 7 y 9 horas para optimizar el rendimiento. La evidencia demuestra que dormir menos de cuatro horas por noche supone un deterioro en las tareas que requieren vigilancia (Naitoh, 1992) y que los efectos de la privación del sueño son acumulativos. El sueño fragmentado*

Dormir es un proceso activo, y el estar el tiempo suficiente en la cama no significa que se obtenga un sueño de calidad. La fragmentación del sueño causa un dormir inadecuado y puede afectar de forma negativa su funcionamiento (Dinges, 1995). Por ejemplo, el *National Transportation Safety Board* (1995) concluyó que los factores críticos para predecir los accidentes relacionados con el adormecimiento era la duración del periodo de sueño más reciente, la cantidad de sueño en las 24 horas precedentes y los patrones de sueño fragmentados.

- ♦ *Patrones laborales restrictivos del sueño y factores circadianos*

Los trabajadores con cambios frecuentes en los turnos de trabajo, y por ende en el ciclo normal de sueño-vigilia, pueden ver perturbado su sueño al interferir con los patrones circadianos. La consecuencia es una disminución del rendimiento y del nivel de atención y la calidad del sueño también experimenta un deterioro.

- ♦ *Los patrones de conducción*

Un patrón de conducción temporal que incrementa el riesgo de accidente incluye conducir un gran número de kilómetros cada año y gran cantidad de horas al día (McCartt *et al.*, 1996) y conducir largos periodos de tiempo sin descansar, o más a menudo, conducir durante tres horas o más (Maycok, 1996).

- ♦ *El uso de medicaciones sedantes*

La utilización de ciertas medicaciones incrementa también el riesgo de accidente relacionado con el sueño (especialmente ansiolíticos como las benzodiazepinas, hipnóticos, antihistámnicos sedantes y antidepresivos). El riesgo es mayor a dosis más altas y para las personas que toman más de una sustancia sedante simultáneamente (Ray *et al.*, 1992).

4.3. TRASTORNOS DEL SUEÑO

Se caracterizan por diferentes tipos de alteraciones en los mecanismos del ciclo sueño-vigilia o por la aparición de conductas o fenómenos fisiológicos anormales durante el sueño.

4.3.1. Tipos de trastornos del sueño

Los trastornos del sueño suelen diferenciarse en función de su origen, siendo clasificados en dos grupos según se deban a alteraciones endógenas o a otras causas.

- ♦ *Trastornos primarios*

Aquellos que no se deben al consumo de drogas ni a otros trastornos físicos o psicológicos, sino a alteraciones endógenas en los mecanismos del ciclo sueño-vigilia. Son de dos tipos:

Disomnias

Son trastornos que *“afectan al inicio o mantenimiento del sueño y se caracterizan por alteraciones en la cantidad, calidad y horario del sueño”*. Los principales tipos de disomnias son el insomnio (dificultad para iniciar o mantener el sueño), la hipersomnia (excesiva somnolencia), la narcolepsia (ataques irresistibles de sueño), el trastorno del sueño relacionado con la respiración (apneas, hipoapneas e hipoventilación) y el trastorno del ritmo circadiano(caracterizado por un patrón de sueño desestructurado).

Parasomnias

Trastornos que se caracterizan por *“conductas o fenómenos fisiológicos anormales asociados al sueño, a alguna de sus fases específicas o a los momentos de transición entre el sueño y la vigilia”*. Los principales tipos son las pesadillas (sueños terroríficos recordados por el sujeto), los terrores nocturnos (episodios de miedo en los que el sujeto se muestra confuso y desorientado al despertar y que no suele recordar posteriormente) y el sonambulismo (episodios en los que el sujeto se levanta de la cama y deambula en pleno sueño).

♦ *Otros trastornos del sueño*

Junto a los trastornos del sueño debidos a alteraciones endógenas, es posible que se produzcan alteraciones en los mecanismos del ciclo sueño-vigilia debido a otras causas, como una enfermedad médica, otro trastorno psicológico o el consumo de drogas.

4.3.2. Trastornos del sueño y conducción

En general, los trastornos del sueño constituyen una causa directa de aparición de fatiga, disminución en la reactividad, pérdida de capacidad de reacción e incluso alteraciones perceptivas que pueden incidir en la seguridad del tráfico.

Por esta razón, el Reglamento General de Conductores en su Anexo IV contempla los *“Trastornos del sueño de origen no respiratorio”* como causa de denegación o eventuales restricciones en la concesión o prórroga del permiso o licencia de conducción. Así, señala que *“No se admiten casos de narcolepsia o trastornos de hipersomnias diurnas de origen no respiratorio, ya sean primarias, relacionadas con otro trastorno mental, enfermedad médica o inducidas por sustancias. Tampoco se admiten otros trastornos del ritmo circadiano que supongan riesgo para la actividad de conducir. En los casos de insomnio se prestará especial atención a los riesgos asociados al posible consumo de fármacos.”*

Entre las *Disomnias*, los sujetos con *Insomnio* presentan fatiga diurna, irritabilidad o problemas de concentración, que repercuten negativamente en sus actividades habituales, como en la conducción.

En la *Hipersomnia*, por su parte, los sujetos afectados presentan somnolencia que puede llegar a ser casi constante, algo que interfiere en el correcto desempeño de la actividad de conducir. Las alteraciones del nivel de alerta pueden conllevar también comportamientos

automáticos, incluyendo la conducción automática, en la que el sujeto puede estar conduciendo durante kilómetros, absorto y sin darse cuenta de ello.

En cuanto a la *Narcolepsia*, sus ataques se presentan de forma involuntaria, repentina e irresistible, sobre un nivel de alerta normal, como por ejemplo mientras se conduce un vehículo. En lo que respecta al *Trastorno del ritmo circadiano*, la desincronización del mismo también puede dar lugar a insomnio o somnolencia excesiva según los casos, pudiendo interferir con la conducción y restantes actividades diarias.

En el caso del SAOS (síndrome de la apnea obstructiva del sueño), debido a la mala calidad del sueño y a la imposibilidad de acceder a fases profundas por los continuos despertares, el sujeto presenta durante el día, entre otras alteraciones, una somnolencia diurna que incrementa la probabilidad de verse involucrado en un siniestro de tráfico.

Finalmente, las *Parasomnias* constituyen un tipo de trastornos del sueño que, en general, no parecen tener implicaciones directas para la seguridad vial.

Implicaciones para la Seguridad Vial

El sueño como factor de riesgo constituye la causa explicativa del 20% de los accidentes de tráfico, estando la apnea presente en torno a un 60% de ellos. Todas las investigaciones apuntan a que la probabilidad de verse involucrado en un accidente de tráfico se multiplica por 7 al padecer esta enfermedad (Cordero; Terán y Jiménez, 1999).

Así mismo, una causa que determina muchos accidentes es la aparición de microsueños, estados en los que el sujeto pasa del estado de vigilia al de sueño durante cortos periodos de tiempo lo que provoca salidas de la calzada o choques al invadir el carril contrario (Cordero; Terán y Jiménez, 1999).

Diferentes investigaciones, tales como la realizada por la NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) o la realizada por el Hospital Queen Elizabeth de Woodville, coinciden en que la falta de sueño y, en especial la apnea del sueño provocan trastornos sensoriomotores comparables a aquellos provocados por el consumo de alcohol con niveles equivalentes a 0,8 gramos de alcohol por litro de sangre.

4.4. EFECTOS DEL SUEÑO EN LA CONDUCCIÓN

- ♦ *Deterioros más relevantes como consecuencia del sueño en la conducción*

Enlentecimiento del tiempo de reacción

El sueño reduce el tiempo de reacción óptimo, incluso la persona moderadamente adormecida puede ver deteriorada su ejecución al aumentar su tiempo de reacción impidiéndole frenar a tiempo para evitar una colisión (Dinger, 1995).

Reducción de la vigilancia

El desempeño de tareas basadas en la atención declina con la falta de sueño, incluyendo un incremento de los periodos de no respuesta o respuesta demorada (Haraldsson *et al.*, 1990; Kribbs, Dinges, 1994). En estas condiciones es muy probable la aparición de distracciones, una de las causas que según las estadísticas genera un gran número de accidentes e incidentes.

Déficits en el procesamiento de la información

En general, en el conductor con sueño disminuye la habilidad para integrar información y para realizar funciones analíticas, aumentando por contra las confusiones y el número de errores en la ejecución de maniobras. Las personas se suelen volver también más tensas, nerviosas y agresivas, lo que unido generalmente a una mayor prisa por llegar a su destino, da lugar a la aparición de conductas más arriesgadas.

♦ *Alteraciones fisiológicas y cognitivo conductuales del sueño en la conducción*

En general, los deterioros descritos se deben a una serie de alteraciones que se producen como consecuencia de la privación del sueño, como serían:

Alteraciones motrices

Aunque a nivel cerebral la corteza motora sigue funcionando cuando se está bajo los efectos del sueño, los mensajes neurales no llegan a los músculos de la misma manera que cuando se está despierto y estos se relajan en demasía, con detrimento de las respuestas motrices y aumento en la lentitud de las reacciones, tan necesarias cuando se conduce.

Ello se debe fundamentalmente a que el SNC y el tono muscular se encuentran muy relajados por la acción del sueño (Montoro, Soler y Tortosa, 1988).

Aparición de microsueños

Uno de los efectos más negativos del sueño la aparición de «los microsueños», defensa del organismo por no dormir y que hacen que durante un brevísimo lapso de tiempo se pierda la conciencia, respecto de la carretera, señales u otros vehículos.

Alteración de las funciones sensoriales

El sueño afecta a todos los sentidos, pero tiene especial repercusión en el órgano de la vista, en el que produce un considerable deterioro. Puede alterar la convergencia binocular, crea dificultades para enfocar la vista, produce visión borrosa y potencia una mayor fatiga ocular (Montoro, Soler y Tortosa, 1988).

Alteraciones en la percepción

Las personas a las que se ha mantenido sin dormir en situaciones de laboratorio, captan peor o de manera incorrecta las señales, luces, sonidos, etc., alterándose especialmente la percepción de la profundidad y del tiempo, lo que conduce una más deficiente reacción, en el caso de que sea necesaria (Montoro, Soler y Tortosa, 1988b).

4.5. INTERACCIÓN DEL SUEÑO CON OTRAS VARIABLES EN LA CONDUCCIÓN

La edad

Las personas de edades avanzadas necesitan dormir menos horas que los de edades medias, sin embargo tienen mayor incidencia de trastornos del sueño y se duplican, por ejemplo, las interrupciones del sueño nocturno a partir de los 50 años aproximadamente (Martín, 1988).

El estado psicofísico

Cuando el conductor padezca algún tipo de trastorno físico o psicológico, -ya sea crónico o transitorio-, su estado posiblemente acelerará más de lo normal los efectos negativos del sueño.

El tipo de carretera

Se pensaba que la densidad del tráfico podía afectar a la somnolencia del conductor, sin embargo, según un estudio del Departamento de Transporte del Reino Unido, la propensión a la somnolencia al volante depende del estado del conductor y no de las condiciones de la vía.

Fármacos y otras sustancias

Existen muchos fármacos que tienen efectos hipnóticos o relajantes añadidos a su acción específica. Estos favorecen por tanto la aparición de un sueño más rápido de lo normal y que puede «sorprender» al conductor. Finalmente, un producto que suele ingerirse con bastante frecuencia por los «conductores nocturnos» y que favorece la aparición del sueño es la leche caliente, ya que esta ayuda a la producción de un neurotransmisor –la serotonina– que facilita el sueño.

El alcohol

Pese a que el adormecimiento y el consumo de alcohol son causas de accidentes distintos, muchos estudios han demostrado la interacción entre ambos: con la privación del sueño se potencian los efectos sedantes del alcohol, y la combinación afecta adversamente a las habilidades psicomotoras en mayor magnitud que la somnolencia o el alcohol por sí solos.

Las variables ambientales

Entre ellas cabría destacar la falta de una oxigenación y aireación adecuada en el vehículo que se conduce. El calor también es, en general, un elemento favorecedor del sueño, por lo que es necesaria una especial precaución al circular con la calefacción encendida.

La fatiga

La fatiga tiene una estrecha relación con el sueño y de hecho podemos afirmar que a mayor fatiga más sueño y que a un mayor sueño se suele añadir una mayor fatiga.

Las conductas

Aunque no solemos ser conscientes, una buena parte de lo que hacemos durante el día afecta de forma directa o indirecta al sueño. Como norma, habrá que tener en cuenta que cualquier conducta que cause activación, ansiedad o estrés tendrá un efecto negativo sobre el sueño (Toledo y Alonso, 1997).

5. LA CONDUCCIÓN BAJO LOS EFECTOS DE LA FATIGA

5.1. BREVE APUNTE SOBRE LA FATIGA

La fatiga es un estado psicofísico que produce una *disminución de la capacidad energética* por la acción de cansancio, y que se manifiesta claramente en toda una serie de síntomas. La fatiga normalmente está asociada a un trabajo prolongado y monótono, y tiene efectos nocivos sobre la calidad y precisión de las maniobras. Existe por ello un grave peligro potencial para la persona que fatigada, continua ejecutando una actividad tan compleja como conducir (Montoro, Tortosa y Soler, 1988).

En 1990, Dodge tras realizar diversas investigaciones llega a la conclusión de que la fatiga se puede definir de diversos modos, pero la mejor definición relacionada con los aspectos biológicos y fisiológicos hace referencia a la incapacidad temporal de un receptor sensorial u órgano terminal motor para responder, debido a una sobreestimulación.

Otra importante matización respecto a la fatiga con efectos para la seguridad en la conducción se deriva del hecho de que el ser humano es una combinación de fisiología y psicología; es por ello por lo que hay que distinguir entre fatiga física y mental.

El problema de la medición de la fatiga

A la diversidad de planteamientos y definiciones de la fatiga, hay que sumar también las dificultades, no menos importantes, que entraña su medida, que no es directa, estudiándose en realidad sus síntomas y consecuencias.

5.2. IMPLICACIONES DE LA FATIGA EN LA CONDUCCIÓN Y LA SEGURIDAD VIAL

5.2.1. Factores que potencian la aparición de la fatiga en el conductor

Muchos de los errores que pueden llevar a un accidente, tienen su base en ese peculiar estado psicofísico de carácter transitorio que produce la fatiga. En cualquier caso, los efectos que produce la fatiga pueden verse facilitados o potenciados por diversos factores (Montoro, Tortosa y Soler, 1988).

- ~ *Factores externos o situacionales* como la monotonía de la carretera, retenciones...
- ~ *Factores relacionados con el vehículo*: ruido del motor, deficiente diseño ergonómico...
- ~ También depende de *factores relacionados con el propio conductor* como una concentración permanente, largos periodos de conducción, mala colocación en el asiento, etc.

5.2.2. Alteraciones psicofisiológicas producidas por la fatiga

Entre los síntomas más importantes a que da lugar la fatiga y *que deben ser tomados muy en cuenta por los que manejan un vehículo*, cabría destacar los siguientes (Galley; Andrés y Reitter, 1997).

- ~ *Cambios fisiológicos transitorios*. Aparición de ajustes posturales así como parpadeo constante, estirarse, etc.,

- ~ *Deterioros en la actividad útil*, o lo que es lo mismo, reducción en la calidad o eficacia en la ejecución de maniobras. A nivel observable se puede apreciar torpeza, dificultad para mantener y concentrar la atención, etc.
- ~ *Surgimiento de estados personales desagradables*, tales como: aburrimiento, ansiedad, inestabilidad, aturdimiento, mayor aceptación del riesgo, etc. Todos estos síntomas aumentan progresivamente, en frecuencia e intensidad, conforme el conductor se aproxima a su destino.

5.2.3. Manifestaciones de la fatiga en la conducción

Son múltiples las manifestaciones observables que la fatiga tiene directamente sobre la conducción.

Uno de los trabajos más interesantes sobre el proceso de aparición de la fatiga y de sus manifestaciones fue el dirigido por Nelson (1981) en la Universidad de Alberta. Según esta investigación, un primer indicador de la presencia de fatiga implica la aparición de cambios posturales, ajustes de la postura y una cierta estereotipación de los movimientos. En un segundo momento surgen dificultades para mantener el nivel de ejecución, lo que puede experimentarse como torpeza, con dificultad para concentrarse o problemas motores.

Finalmente, el sujeto percibe un intenso cansancio, aburrimiento, ansiedad, e incluso cólera y sueño, que pueden predisponerlo aun más al accidente si continúa conduciendo.

Por último, es importante resaltar que la fatiga afecta fundamentalmente a la capacidad para captar información del exterior, más que al propio tiempo de respuesta o a la velocidad de los movimientos. Esto podría llevar en determinadas ocasiones a reaccionar con rapidez, pero con gran cantidad de errores en la precisión o exactitud, lo que en el contexto de la conducción puede ser especialmente peligroso.

5.3. PRECISIONES Y MATIZACIONES DE INTERÉS

Numerosos estudios han demostrado de manera rigurosa, que *aproximadamente el 40% de los accidentes de circulación, tienen su explicación directa o indirecta, entre otros factores, en una excesiva acumulación de fatiga.*

En definitiva, podríamos decir que la fatiga en la conducción de automóviles, produce deterioros físicos o psicológicos importantes que pueden llevar al accidente: disminuye el despliegue y amplitud del nivel de atención; produce deficiencias en la percepción y comprensión de las situaciones de tráfico; provoca frecuentes distracciones; disminuye la velocidad y la precisión en la ejecución de maniobras; incrementa el número de respuestas erróneas; aumenta el tiempo de reacción en las respuestas; disminuye la motivación; crea en el conductor la tendencia a aceptar niveles de ejecución inferiores a los habituales; produce una tendencia a realizar el menor número posible de ajustes de trayectoria, dando lugar a un defectuoso mantenimiento de la misma o a maniobras violentas de ajuste; disminuye la capacidad para realizar dos tareas simultáneamente - como mantener constantes la velocidad y la posición dentro de la calzada-; y, en general, induce a aceptar mayores riesgos con el objetivo de finalizar la tarea cuanto antes (Montoro, Tortosa y Soler, 1988).

6. LA CONDUCCIÓN BAJO LOS EFECTOS DE LOS FÁRMACOS

6.1. BREVE APUNTE SOBRE LOS FÁRMACOS Y LOS PSICOFÁRMACOS

Una de las características definitorias de la civilización actual, es la utilización masiva de fármacos por parte de los seres humanos. Con ello la humanidad ha conseguido eliminar una gran cantidad de enfermedades, ha logrado mejorar la calidad de vida y en definitiva, ha podido alargar la duración de la misma.

Sin embargo, es necesario también tomar conciencia de los riesgos debidos a los *efectos secundarios* añadidos que estos suelen tener y que en algunos casos, pueden convertirlos en sustancias altamente peligrosas (Álvarez, 1996b).

En los países miembros de la Unión Europea, se estima que en torno al 10% de los conductores circula bajo la influencia de sustancias terapéuticas, y se estima que el riesgo de verse implicado en un siniestro se multiplica por dos en estos casos. En un trabajo desarrollado por el Instituto Nacional de Toxicología en 1992 con conductores implicados en accidentes de tráfico, se observó que las sustancias más frecuentemente halladas fueron las benzodiazepinas y los antidepresivos, presentes en un 5% de los conductores fallecidos en accidentes de tráfico (Luque, 1996). De entre todos los medicamentos, las sustancias que pueden producir efectos más perjudiciales sobre la conducción son los psicofármacos o psicótropos, sustancias legales que actúan sobre el comportamiento de los individuos, y normalmente son utilizados como correctores de los trastornos psíquicos y cuyo consumo en nuestra sociedad es alarmantemente elevado.

En un estudio desarrollado por la Agencia Española del Medicamento (AEMPS) se ha comprobado que de 389 principios activos analizados, correspondientes a un total de 4.390 medicamentos, el 60% de ellos (2.632) puede influir negativamente en la capacidad de conducción. Para el año 2011, todos estos medicamentos potencialmente peligrosos deberán llevar obligatoriamente en su envase un pictograma indicativo consistente en un triángulo rojo (similar al de una señal de peligro) con un vehículo de color negro dentro.

6.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL POTENCIAL EFECTO DE LOS FÁRMACOS SOBRE LA CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN

Además de los efectos directos de los fármacos, existen una serie de factores que modulan esos efectos bien inhibiéndolos, bien potenciándolos, destacando a continuación algunos de los relacionados con las pautas de tratamiento y la medicación.

- **La aparición de efectos indeseables**

Los laboratorios tienen la obligación de informar de los efectos secundarios del fármaco, que dependiendo del nivel de susceptibilidad de la persona tratada pueden o no manifestarse en la misma.

- **Polifarmacia**

La prescripción conjunta de varios fármacos, es un factor a tener en cuenta, ya que la posible interacción entre fármacos puede traer como consecuencia un deterioro para las

capacidades en la conducción y es que el 61% de los consumidores crónicos toman dos o más medicamentos. La cuestión se agrava cuando se combina el alcohol y los fármacos, pues los efectos si que están claramente relacionados con un deterioro significativo sobre el comportamiento y sobre las habilidades necesarias para conducir un vehículo.

- **Automedicación**

Según datos obtenidos a través de la Encuesta Nacional de Salud en España, el 12,5% de la población consume medicamentos que no han sido prescritos por el médico. Evidentemente el autoconsumo indiscriminado, está rodeado de efectos imprevisibles para el conductor, que en la gran mayoría de los casos desconoce los efectos en la conducción y por tanto el nivel de riesgo que asume.

6.3. IMPLICACIONES DEL CONSUMO DE PSICOFÁRMACOS EN LA CONDUCCIÓN Y LA SEGURIDAD VIAL

Los psicofármacos pueden ser clasificados de muy distintas formas: atendiendo a su peligrosidad, a su estructura química o por sus efectos sobre el comportamiento humano.. Según este último criterio, se puede establecer una de las clasificaciones más sencillas y extendidas de los psicótrópos, que responde a la diferenciación entre tranquilizantes, sedantes y estimulantes (Álvarez, 1996).

- **Los tranquilizantes-sedantes**

Los tranquilizantes ejercen una acción depresora de la actividad psíquica y se utilizan en trastornos como las alucinaciones, psicosis, delirios, como anticonvulsionantes (neurolépticos), o en determinados estados neuróticos, de tensión y angustia (ansiolíticos).

Todos los tranquilizantes tienen efectos parecidos (muy a tener en cuenta en la conducción), aunque destacan los barbitúricos por su mayor potencia. Al igual que el alcohol, tomados de forma abusiva provocan embriaguez, disminución de las inhibiciones y de la capacidad de razonamiento. La combinación de tranquilizantes y alcohol puede convertirse en una mezcla de inesperadas consecuencias.

Los *sedantes* son fármacos psicótrópos calmantes de la actividad y reductores de la ansiedad. Según la dosis y el tipo varían los efectos, utilizándose normalmente para combatir el insomnio, para paliar el dolor, o en determinadas situaciones de ansiedad-excitación.

Entre algunos de los ***efectos más importantes que pueden tener los tranquilizantes-sedantes sobre la acción de conducir*** están los siguientes (Hindmarch, 1997):

- ~ Sedación, que puede variar desde el sueño ligero a la hipnosis total.
- ~ Reducción importante en los niveles de alerta.
- ~ Disminución en el tiempo de reacción.
- ~ Visión borrosa.
- ~ Enlentecimiento de las respuestas motrices.
- ~ Repercusiones en la coordinación visomotora.

- **Los estimulantes**

Son sustancias que tienen un efecto activante sobre el sistema nervioso central, bien elevando el tono psicológico y el nivel de vigilia (anfetaminas) o actuando directamente sobre

el estado de ánimo (antidepresivos). En muchas ocasiones se hace un uso abusivo e irresponsable de estas sustancias, pudiendo aparecer graves trastornos físicos y del comportamiento que inciden de manera negativa sobre la acción de conducir y de entre los que cabe destacar (Fernando, Morales y Pérez, 1997):

- ~ Sensación subjetiva irreal de una mayor capacidad para la conducción.
- ~ Mayor desprecio del riesgo y las situaciones de peligro.
- ~ Alteraciones en la actividad refleja (exaltación).
- ~ Aumento notable del nivel de violencia y conductas agresivas.
- ~ Efectos de rebote de depresión y somnolencia.

Dentro del grupo de los estimulantes encontramos las **anfetaminas**, que estimulan el SNC provocando euforia, energía y confianza en sí mismo. Incrementan la capacidad para realizar cualquier actividad, sea física o mental, así como la resistencia a la fatiga. El efecto más peligroso relacionado con la tarea de conducir es una sobrevaloración de las propias aptitudes, tomando decisiones precipitadas con numerosos errores tanto cognitivos como motores, muy presentes en los accidentes, a la vez que hay una tendencia a transgredir los diferentes tipos de órdenes y normas.

El uso continuado de anfetaminas se traduce en trastornos psicóticos graves, acompañados de alucinaciones visuales y táctiles, así como posibles episodios de celos y delirios de grandeza.

6.4. LEGISLACIÓN VIGENTE

La normativa vigente sobre estupefacientes y sustancias psicotrópicas, estimulantes u otras sustancias análogas, se encuentra contenida en los artículos 27 y 28 del Reglamento General de Circulación, castigando el primero de ellos la incorporación al organismo de drogas tóxicas o estupefacientes, o encontrarse bajo los efectos de medicamentos u otras sustancias que alteren el estado físico o mental apropiado para conducir sin peligro, mientras que el segundo relaciona las pruebas establecidas para la detección de sustancias estupefacientes y similares (normalmente el reconocimiento médico y análisis clínicos que el médico estime más adecuados).

6.5. PRECISIONES Y MATIZACIONES DE INTERÉS

Todos los datos e investigaciones parecen poner de manifiesto la enorme precaución que es necesario tener al volante, cuando se está bajo los efectos de algunas de las sustancias mencionadas. Es necesario, pues, que su utilización se realice bajo un *control riguroso*. Si este control se produce, algunos psicótropos pueden incluso mejorar y normalizar el comportamiento durante la conducción, como ha puesto de manifiesto algún informe de la Organización Mundial de la Salud (Soler, Tortosa y Montoro, 1987c).

7. LA CONDUCCIÓN BAJO LOS EFECTOS DEL ESTRÉS

7.1. BREVE APUNTE SOBRE EL ESTRÉS

Se sabe que muchos accidentes de tráfico, muchas conductas arriesgadas y un elevado número de comportamientos inadecuados al volante están causados por los efectos que genera el estrés sobre los usuarios de vehículos a motor (Soler, Montoro y Tortosa, 1987), algo bastante desconocido por los conductores.

El estrés es un estado psicobiológico, con efectos positivos y negativos, que se produce generalmente cuando el individuo se encuentra inmerso en una situación de sobreexigencia física o psíquica.

Ante las mismas situaciones o demandas del medio, una persona puede o no dar una respuesta de estrés. Para que se produzca ésta, es tan importante la situación en sí, como que la persona en cuestión la perciba como amenazante y piense que no dispone de habilidades o conductas para hacerle frente (Lazarus y Folkman, 1984).

Son muchas las **situaciones** que pueden dar lugar a la aparición de estrés (ritmo de vida acelerado, sobrecarga de trabajo, ambiente excesivamente competitivo; D Meichenbaum, 1987), pero también son muchos los tipos de estrés existentes, y, a su vez, son múltiples los *efectos y síntomas* del estrés, variando notablemente su tolerancia en las distintas personas que lo padecen.

Los problemas del estrés aparecen cuando el nivel es muy intenso y se mantiene durante mucho tiempo. Cuando esto ocurre aparecen algunas manifestaciones o síntomas, tanto psicológicos (cansancio, mal humor, irritabilidad, incapacidad para concentrarse, olvidos frecuentes, bloqueo mental) como físicos (trastornos de tipo cardiovascular, respiratorio, gastrointestinal, muscular, sexual o mental o del sistema inmunológico).

7.2. IMPLICACIONES DEL ESTRÉS EN LA CONDUCCIÓN Y LA SEGURIDAD VIAL

Numerosos estudios demuestran que el estrés está íntimamente vinculado con el manejo de los vehículos, al menos en dos sentidos (Reig, 1987).

- ~ Por una parte el estrés modula en buena medida la forma de conducción y puede ser el agente causal de un considerable porcentaje de accidentes.
- ~ Por otra parte, el propio sistema de tráfico masivo, con todos sus efectos añadidos, contribuye de manera notable a incrementar los niveles de estrés, que ya de por si genera nuestro propio sistema de vida (Soler, Montoro y Tortosa, 1987).

En este sentido, diversas investigaciones han demostrado que la conducción implica una exposición a diversos eventos estresantes, que algunos conductores experimentan con más frecuencia, de forma más severa o de manera más sostenida que otros.

Cuando un individuo se ve sometido a algún factor desencadenante de estrés, el organismo reacciona para defenderse de la situación, pasándose normalmente por tres etapas, denominadas Síndrome General de Adaptación (Soler, Montoro y Tortosa, 1987):

Reacción de alarma

En esta primera etapa, el organismo integra un elevado número de respuestas y produce una gran cantidad de energía para poder hacer frente a la situación o agente provocador de estrés, con entre otras cosas, una mayor capacidad de reacción. También pueden aparecer en esta etapa una serie de comportamientos peligrosos, como agresividad, impaciencia y predisposición a la toma de decisiones arriesgadas.

Fase de resistencia

Cuando el agente que provoca el estrés continúa, el organismo resiste aumentando sus defensas, lo que conduce, poco a poco, a la tercera etapa del estrés.

Fase de agotamiento

El individuo, en esta fase, debido al esfuerzo realizado, cae en un profundo agotamiento y cansancio, acompañado todo ello de algunos síntomas alarmantes (la sangre se espesa lo que nos hace más proclives a sufrir un infarto, los ácidos segregados en el estómago pueden provocar trastornos digestivos y nuestro sistema inmunológico se debilita).

En definitiva, en esta etapa, el organismo cansado disminuye su actividad general, con la consiguiente merma en el rendimiento y los peligros que de ello se derivan, para una tarea tan compleja como es la manipulación de un automóvil. En esta etapa es recomendable, pues, prescindir del vehículo o utilizarlo bajo un control riguroso, sólo cuando sea sumamente imprescindible. El final de muchos de estos estados lógicamente es el accidente (Fernández, Moreno y Giménez, 1987).

7.3. ESTRESORES VITALES EN EL CONDUCTOR Y SU RELACIÓN CAUSAL CON LOS ACCIDENTES Y EL ESTRÉS POSTRAUMÁTICO

La muerte de un ser querido, el divorcio, problemas financieros, laborales, así como un accidente grave, etc., son acontecimientos vitales de gran resonancia psicológica que pueden dar lugar a la aparición del denominado estrés derivado de los acontecimientos vitales/estrés postraumático. En este tipo de situaciones, el individuo generalmente tiene una reducción de su capacidad de respuesta frente al mundo exterior, le aparecen desajustes orgánicos, cognitivos y conductuales (irritabilidad, conducta impulsiva, dificultades en la concentración, etc.) acompañadas, bien de hiperalerta, bien de un enlentecimiento en la capacidad de respuesta.

Diversos estudios demuestran que muchos conductores muertos en accidente de automóvil, han tenido una situación traumática fuerte previa a la ocurrencia del siniestro. Fernández-Ríos *et al.*, 1987, concluyeron que el estrés procedente de eventos económicos negativos (reducción de sueldo, denegación de un préstamo...) y de los eventos negativos relacionados con la salud (enfermedad, lesiones, falta de asistencia médica adecuada...) es el que permite una mejor clasificación entre conductores accidentados y no accidentados.

Por ejemplo, tras la pérdida de un ser querido aparece en algunas personas un mayor desprecio por la vida, lo que puede generar, de manera consciente o inconsciente, acciones muy peligrosas en la conducción que responden a una forma solapada de suicidio.

Existen otras situaciones que sin ser graves, generan también un peligroso estrés, como las pequeñas discusiones, los ruidos, el no encontrar aparcamiento, etc., que por

diversos estudios sabemos que dan lugar a un estrés nada beneficioso para la conducción (Glass y Singer, 1972; Risser, 1985), produciendo incluso cambios en la tasa cardíaca o la secreción de neurotransmisores.

A estas circunstancias personales moduladores del estrés, en ocasiones se añade también la propia calzada, una impresionante acumulación de señales de información o prohibición, imposibles de procesar en su totalidad por el conductor y que dan lugar al denominado estrés perceptivo -relacionado con algunos tipos de accidentes- y que precisamente ha motivado que en determinadas zonas sea necesaria la retirada masiva de señales de tráfico.

- ***La interacción entre el conductor y el ambiente de tráfico***

Las investigaciones centradas en *la situación de tráfico como generadora de ansiedad* son, todavía si cabe más escasas. Tradicionalmente la ansiedad generada por el entorno de tráfico ha sido abordada mediante la evaluación de las respuestas fisiológicas de los conductores frente a los incidentes de tráfico (Robertson, 1987; Gulian, 1987).

- ♦ ***La congestión del tráfico***

El estresor que ha merecido mayor cuerpo de trabajos ha sido la *congestión de tráfico*, fundamentalmente en las llamadas ‘horas punta’. Estas situaciones son potencialmente estresantes debido a los retrasos que imponen y a la hostilidad que algunas veces provocan (Turner *et al.*, 1975).

- ♦ ***El estrés del conductor***

El grupo de trabajo que desarrolla el *Driver Behavior Inventory*, creado en torno a la figura de Edith Gulian (Gulian, 1987; Gulian *et al.*, 1988, 1989a y b, 1990; Matthews *et al.*, 1991), definen el estrés del conductor como el conjunto de respuestas asociadas con la percepción y la valoración cognitiva de la tarea de conducir. Implícita a esta aproximación transaccional se encuentra la asunción de que el estrés del conductor es probablemente un síndrome complejo determinado por la interacción de factores situacionales y personales. La respuesta al estrés puede ser una reacción emocional (p. e. la ansiedad), una respuesta fisiológica (p.e. el incremento en la tasa cardíaca) y/o una respuesta comportamental (p. e. la adopción de un estilo de conducción agresivo). La ansiedad es, pues, considerada como una reacción al estrés; una experiencia subjetiva que se relaciona directamente con la gravedad y duración de la amenaza.

7.4. PRECISIONES Y MATIZACIONES DE INTERÉS

Si se tienen en cuenta las graves consecuencias que produce una exposición prolongada al estrés, tanto en la vida cotidiana de los individuos, como en las situaciones de conducción, es evidente que los agentes estresantes deberían ser eliminados. Sin embargo, de todos es bien sabido que eso es bastante difícil. No queda pues más remedio que «enfrentarse» al estrés de la manera más adecuada posible, de modo que se potencien sus efectos positivos y se palien los negativos.

8. MORBILIDAD Y SEGURIDAD VIAL COMO FACTOR DE RIESGO

8.1. INTRODUCCIÓN

Aparte del consumo de alcohol, el estado de salud del conductor relacionado con los trastornos y padecimientos médicos y psicológicos ha venido siendo uno de los aspectos accidentogénicos más discutidos desde que se inician los primeros estudios epidemiológicos en seguridad vial. En este tema no se pretende revisar los distintos trastornos médicos y su relación con la seguridad vial, si no exponer las dificultades más importantes a la hora de abordar este tema y presentar lo más notorio de la evidencia existente respecto a algunas de las enfermedades y de los trastornos con mayor prevalencia en la población general.

8.2. ¿POR QUÉ DETERMINADAS ENFERMEDADES Y TRASTORNOS PUEDEN PONER EN RIESGO LA SEGURIDAD DURANTE LA CONDUCCIÓN?

Algunas veces el conductor se encuentra temporalmente con algunas capacidades para la conducción deterioradas como consecuencia de procesos víricos o infecciosos, trastornos cíclicos y recidivantes (migrañas, dolores traumatológicos, manifestaciones de fatiga y estrés, etc.), situaciones que originan un deterioro perceptivo y psicomotor que puede incrementar el riesgo de accidentalidad, especialmente en circunstancias viales imprevistas o cuando además hay una disminución de la atención (fatiga).

Por otra parte, existen determinadas patologías crónicas que pueden reducir notablemente la capacidad atencional, dificultando especialmente la interpretación del entorno vial cuando éste es complejo, con varios focos de atención. Patologías cardiovasculares, anemias severas e hipoglucemias son, entre otras, situaciones que pueden ocasionar pérdidas atencionales en el conductor.

Las alteraciones del sueño, neuropatías y enfermedades musculares o trastornos endocrino-metabólicos pueden originar una reducción en la capacidad del conductor de mantener la vigilancia tras un tiempo de conducción y facilitar la fatiga y la debilidad muscular.

Los defectos sensoriales como alteraciones en la visión o en la audición pueden reducir la capacidad de respuesta del conductor.

Y, a veces, es el propio tratamiento utilizado en el padecimiento el que deteriora la capacidad de conducción (así sucede por ejemplo con los antihistamínicos utilizados en el alivio de síntomas gripales o con algunos analgésicos).

8.3. ESTADO DE SALUD Y RIESGO DE ACCIDENTE: DIFICULTADES METODOLÓGICAS EN LA ESTIMACIÓN DEL RIESGO

La norma que regula los criterios de aptitud médica y mental para la conducción de vehículos se encuentra recogida en el Anexo IV del Reglamento General de Conductores. De manera empírica o basándose en los estudios poblacionales de riesgo existentes, la normativa establece las situaciones médicas y psicológicas que permiten o no la conducción de vehículos y los casos en que se requiere de un criterio facultativo y de un control específico para la prórroga de la vigencia del permiso de conducción.

Obtener información relevante y válida respecto al riesgo de accidente derivado del padecimiento de enfermedades presenta una serie de dificultades , como las limitaciones derivadas de las fuentes de datos (no existe un registro de antecedentes médicos y trastornos discapacitantes de conductores) , el hecho de que se trate de eventos no muy frecuentes, las dificultades metodológicas intrínsecas, (como carecer de poblaciones de referencia), o las dificultades en la generalización de los resultados obtenidos, dado que contemplar todos los factores que modifican el riesgo de accidente precisaría de tamaños de muestra tan grandes que dificultarían la viabilidad del estudio.

8.4. ALGUNOS PROCESOS PATOLÓGICOS CON POSIBLE RELEVANCIA EN SEGURIDAD VIAL

Por la prevalencia que presentan en la población general y por ende en la de conductores, determinados trastornos han sido tradicionalmente recogidos en las normas de aptitud de nuestro país. Sin embargo, los criterios de control o restricción de los conductores no se basan siempre en evidencias científicas, y así ciertos procesos patológicos se someten a control a pesar de no haber sido relacionados con mayor probabilidad de accidente de tráfico.

8.4.1. Diabetes Mellitus

La diabetes mellitus es un trastorno endocrino metabólico caracterizado por niveles anormalmente elevados de glucosa (hiperglucemia) como consecuencia de un defecto en la secreción o acción de la insulina, siendo en España su prevalencia es del 6% de la población.

La diabetes mellitus, en especial cuando necesita de tratamiento con insulina, ocupa un lugar importante en los trabajos de riesgo vial, que está estrechamente relacionado con la aparición en el sujeto, de episodios de hipoglucemia y en el desarrollo de complicaciones a largo plazo propias de la enfermedad. Un tercio de diabéticos insulín dependientes reconoce haber padecido episodios durante la conducción en el último año. La hipoglucemia es sabido que origina, fundamentalmente, alteraciones visual-perceptivas y cognitivas en el conductor.

La retinopatía diabética, la cardiopatía isquémica y la neuropatía diabética, son complicaciones de larga evolución que podrían considerarse como situaciones de riesgo potencial para la conducción. Sin embargo, cuando el paciente diabético tratado con insulina es conocedor de los problemas que puede padecer al conducir, se encuentra controlado clínicamente y no presenta trastornos funcionales visuales que le dificulten la conducción, no presenta mayor riesgo de accidentalidad que la población general.

8.4.2. Capacidad visual y trastornos oftalmológicos

A través del sentido de la vista se recibe más del 90% de toda la información procesada mientras se conduce. El deterioro de la capacidad perceptiva visual, acompañada del deterioro en tiempos de reacción, atención dividida y coordinación psicomotora, que se ha venido a llamar “campo atencional”, parece estar estrechamente relacionado con el riesgo de accidente, en especial en el conductor mayor. La reducción significativa del campo atencional se ha relacionado con un incremento en seis veces del riesgo de accidente de circulación.

En cualquier caso, parece muy importante valorar la agudeza visual teniendo en cuenta el campo visual, pues la integridad del campo es sustancialmente más relevante para la conducción que una agudeza visual idónea.

La visión nocturna, la sensibilidad a la luz y la recuperación al deslumbramiento son capacidades visuales que han sido ocasionalmente relacionadas con los accidentes de circulación. Las alteraciones del campo visual tienen trascendencia en el campo de la seguridad vial por varias razones. En primer lugar, se trata de trastornos de una elevada frecuencia en la población general. Por encima de los 60 años un 3% y por encima de 65 años un 13% de conductores presenta alteraciones en su campo visual, si bien sólo un 1% tienen defectos binoculares del campo. En segundo lugar, las alteraciones en el campo de visión se han relacionado con un mayor riesgo de accidente de tráfico. El mayor riesgo de accidente relacionado con el campo visual se observa en dos situaciones: deterioros binoculares del campo y patologías asociadas como la retinosis pigmentaria y el glaucoma.

8.4.3. Trastornos neurológicos

En el ámbito de los reconocimientos médicos para obtener o prorrogar el permiso de conducción, las enfermedades neurológicas suponen entre el 0,7% y el 3% de los reconocimientos negativos (es decir, no aptos y aptos con alguna restricción).

Los trastornos neurológicos son procesos, por lo general, de tipo crónico, aunque presenten distinto tipo de progresión entre ellos y es frecuente asociación con otros trastornos médicos, lo que hace difícil conocer hasta dónde la discapacidad es consecuencia del trastorno neurológico en concreto o de los que le acompañan. La edad también modifica la magnitud del impacto de los trastornos neurológicos en la conducción y la accidentalidad vial. Por ejemplo, los epilépticos jóvenes, menores de 25 años, presentan 3 veces más riesgo de accidente que los epilépticos mayores de esta edad.

Las enfermedades neurológicas (epilepsia, alzheimer, demencia, etc.) pueden modificar las habilidades motoras y las variables de comportamiento del conductor, aunque estas manifestaciones suelen aparecer en estados evolucionados de la enfermedad.

8.4.4. Trastornos cardiovasculares

Ciertos estudios demuestran un mayor nivel de riesgo en los conductores con trastornos cardiovasculares, en especial con hipertensión arterial, coronariopatías, arritmias y tromboangitis obliterante. Sin embargo, existen otros trabajos que no han encontrado diferencia en la frecuencia de accidentes entre conductores enfermos y sanos.

En el conductor mayor habremos de tener en cuenta que el 50% de la mortalidad por todas las causas se debe a una patología cardiovascular, y que los síntomas a menudo son más difíciles de diagnosticar que a otras edades (menos frecuencia de aparición de dolor coronario, neuropatía asociada a diabetes, dificultades en el diagnóstico diferencial...).

8.4.5. Fatiga, somnolencia y trastornos del sueño

Se identifica a estos como factores accidentogénicos, a los cuales ya se dedicaron en exclusiva dos puntos anteriores del presente capítulo.

8.5. CONCLUSIONES

El padecimiento por un conductor de algún trastorno médico puede hacer que su riesgo de sufrir un accidente se incremente respecto al resto de la población de su edad y género. Este riesgo existirá o no fundamentalmente en relación al tipo de trastorno, a la

medicación que consuma, a la presencia o no de trastornos concurrentes, al grado de control de la enfermedad y al nivel de educación sobre el trastorno que posea el propio conductor.

CAPÍTULO III: EL FACTOR VEHÍCULO

1. DEFINICIONES, CATEGORIAS Y NORMATIVA SOBRE VEHÍCULOS

1.1. NORMATIVA SOBRE VEHÍCULOS

En primer lugar conviene preguntarse qué debemos entender por vehículo y cuáles son los principales conceptos con él relacionados: la fabricación, comercialización y circulación de este tipo de maquinas. En segundo lugar conviene hacer una breve incursión en la normativa sobre vehículos tanto a nivel nacional como europeo e internacional.

De esta forma si en alguna investigación concreta, alguno de los componentes de un vehículo, ha jugado un papel importante en el origen o evolución del siniestro será necesario acudir a la norma española que regula las características mínimas y básicas de este tipo de elementos a las directivas europeas y al correspondiente Reglamento UNECE (CEPE-ONU).

1.1.1. Normativa básica nacional

El esqueleto de la legislación española que determina, en el marco de la circulación de vehículos a motor, tráfico y seguridad vial, lo que debe entenderse por vehículo lo conforman tres normas de naturaleza y rango diferente:

- **Ley 18/1989, de 25 de julio**, de Bases sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial. Su Base **cuarta, dedicada a las** Normas de Circulación, establece que se regularán las condiciones técnicas y la inspección de los Vehículos a Motor y sus remolques, así como las actividades industriales que por su objeto afecten de manera directa a la Seguridad de la Circulación Vial. La **Base sexta, cuyo contenido son las** Autorizaciones Administrativas, explica que se someterán al régimen de autorización administrativa previa entre otras actividades, la circulación de Vehículos.
- **Real Decreto Legislativo 339/1990**, por el que se aprueba el texto articulado de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial. En el capítulo I del Título IV, que tiene como único contenido el artículo 59, se establecen normas generales sobre autorizaciones administrativas. En el capítulo III del mismo título (específicamente dedicado a las autorizaciones administrativas relativas a los vehículos), en el numeral 61 regula los permisos de circulación y documentación de los vehículos, mientras que el siguiente artículo se dedica a las matrículas.
- **Real Decreto 2822/1998**, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos (en adelante RGV). Es la norma básica en esta materia, aunque, en la exposición de motivos expone que su complejidad hace que existan multitud de normas de todos los rangos que regulen, de una u otra forma esta materia.

1.1.2. Normativa complementaria nacional

El Anexo I del RGV, establece la Reglamentación vigente en materia de vehículos, que es actualizada continuamente mediante Órdenes Ministeriales, y en el cual se establece la relación de artículos del RGV que se encuentran afectados por determinados Reglamentos.

Así, en la Tabla 1 se establece la relación entre los artículos del Reglamento de Vehículos y las disposiciones aplicables.

En la Tabla 2 se establece la relación entre las disposiciones y los artículos del Reglamento, según que las primeras sean Leyes, Reales Decretos u Órdenes Ministeriales.

1.1.3. Normativa europea

La Unión Europea emite una serie de Directivas Comunitarias de obligado cumplimiento por parte de los países miembros de la Unión y estos pueden adaptar su Legislación a la Normativa comunitaria en cuyo caso cumplirían los requisitos mínimos exigidos por la Unión Europea (carácter suplementario) o bien pueden sumar las restricciones impuestas por la Norma europea a su Legislación nacional (carácter complementario).

a) Reglamentos CEE y otra normativa europea

En la tabla 2 del Anexo I del RGV, se establece la relación entre los Reglamentos CEE u otra reglamentación internacional y los artículos del propio Reglamento.

b) Directivas y Reglamentos europeos

En el Anexo II del RGV, se establece la relación de Directivas europeas de aplicación en nuestro país.

c) Aplicación de los Reglamentos UNECE en la Unión Europea

La Comisión Europea publicó un cuadro resumen de los 121 Reglamentos UNECE (CEPE/ONU), sobre la adopción de prescripciones técnicas uniformes aplicables a los vehículos de ruedas y los equipos y piezas que puedan montarse o utilizarse en éstos, y sobre las condiciones de reconocimiento recíproco de las homologaciones concedidas conforme a dichas prescripciones, que son de aplicación en sus Estados miembros.

1.1.4. Normativa internacional

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) a la cual pertenece España, inició con el Acuerdo de Ginebra de 1958 y acuerdos globales de 1998, una homogeneización de la normas sobre fabricación y puesta en circulación de todo tipo de vehículos, publicando una serie de Reglamentos, denominados CEPE-ONU mediante los que se pretende tratar cada una de las partes que componen todo tipo de vehículos. En el RGV se exponen las normas de derecho internacional aplicables en España a los vehículos.

Así, en la Unión Europea, los fabricantes de vehículos deben cumplir por separado los requisitos técnicos establecidos por tres organismos diferentes:

- Los Reglamentos anexos a los Acuerdos de Ginebra, emitidos por la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE-ONU).
- Los Reglamentos y Directivas Comunitarias.

- La legislación nacional de cada uno de los Estados miembros, si es más restrictiva que las anteriores.

1.1.5. NORMAS DE ESTANDARIZACIÓN VOLUNTARIAS

Además de las descritas normas, obligatorias en materia de vehículos a nivel internacional, europeo y nacional, existen otras normas de aceptación voluntaria que desarrollan y complementan a las anteriores. Las normas voluntarias tienen su fundamento en una doble motivación: por un lado, llevan a procedimientos prácticos la normativa general obligatoria ayudando a estandarizar procesos industriales de fabricación y comercialización; y por otro lado, ponen el énfasis en la calidad tanto del proceso, en si mismo considerado, como del producto final resultante, en nuestro caso, el vehículo o sus componentes.

1.1.5.1. Sistema español

En España las normas de estandarización de procesos y productos, denominadas UNE, son llevadas a cabo por el organismo designado a estos efectos que es AENOR.

1.1.5.2. Sistema internacional

Las normas de calidad y estandarización a nivel internacional, se denominan ISO (International Standard Organization).

1.2. DEFINICIONES RELATIVAS A VEHÍCULOS.

Una serie completa de definiciones relativas a los vehículos, quedan recogidas en:

- El Anexo I del Real Decreto Legislativo 339/1990, por el que se aprueba la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial.
- El Anexo II del Real Decreto 2822/1998, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos.

1.3. CATEGORÍAS NORMATIVAS Y CLASIFICACIONES DE VEHÍCULOS.

De nuevo el Real Decreto 2822/1998, por el que se aprueba el RGV, dedica varios apartados enumerados por letras de su Anexo II a establecer diferentes tipos de clasificaciones de vehículos según diversos criterios de construcción o de utilización.

1.4. HOMOLOGACIÓN DE VEHÍCULOS.

A nivel internacional existen tres sistemas teóricos para la autorización y puesta en circulación de vehículos:

En el sistema de autocertificación, la empresa o persona que asume el papel de fabricante, mediante un certificado emitido por él mismo, se responsabiliza de que cada vehículo concreto cumpla con una determinada normativa sobre equipamiento y piezas. Adicionalmente pueden emitirse certificados por parte de laboratorios, tanto privados como oficiales, que aseguren determinados extremos de la producción de una pieza o sistema integrado en un vehículo. Este es el sistema empleado en Estados Unidos y los países que utilizan un modelo de legislación similar.

En el sistema de inspección oficial, el fabricante tiene que presentar cada vehículo que produce ante la autoridad competente que es quien certifica que cumple con la legislación vigente. Este sistema, es propio de países con pequeña producción de vehículos o baja motorización. También es usado en paralelo con el sistema de homologación en el caso de pequeñas series de vehículos.

Finalmente, el sistema de homologación de tipo, consiste en la verificación completa de un prototipo mediante ensayos realizados en un laboratorio oficial. Se comprueba el cumplimiento de una serie de requisitos, entre los que principalmente figuran unos Reglamentos aplicables bien sea al vehículo completo o bien a sus componentes. Este es el sistema utilizado en la Unión Europea.

Los tres sistemas tradicionales, se han ido desdibujando en toda la actividad industrial en general, y en la fabricación de piezas, equipamiento y vehículos automóviles, en particular, para que se instale un sistema mixto en el que puede primar uno u otro sistema, y en el que aparecen nuevas figuras como la normalización internacional o sectorial de fabricación de piezas y componentes. E incluso, puede darse una convivencia de procedimientos en una misma normativa nacional según se trate del supuesto concreto al que hay que aplicar el sistema.

El Real Decreto 2200/1995, por el que se aprueba el Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y la Seguridad Industrial (en adelante, RICSI), modificado por el R.D. 411/1997, en su artículo 14 y disposición 4ª, afirma que en materia de seguridad y calidad industriales, se hace necesario adaptar la regulación de la actividad industrial en España a la derivada de nuestra pertenencia a la Unión Europea y a la constitución del Mercado Interior.

La Unión Europea subraya entre otras cosas, la importancia y oportunidad del principio de referencia a normas, preferentemente europeas, y si es necesario nacionales con carácter provisional, en tanto se confecciona la correspondiente norma europea para definir las características técnicas de los productos. Asimismo, un *nuevo enfoque* se completó con un conjunto de herramientas que desarrollan una política europea en materia de *evaluación de la conformidad*, que se materializó en la Resolución del Consejo de fecha 21 de diciembre de 1989, comúnmente conocida como *enfoque global*, con el fin de crear las condiciones adecuadas para que se estableciese un clima de confianza, y para que esta confianza sea la base fundamental indispensable del funcionamiento del reconocimiento mutuo. Este planteamiento global considera como parte fundamental la calidad.

Este tipo de declaraciones, han fructificado en el caso de la fabricación y comercialización de vehículos automóviles, de sus piezas, sistemas y repuestos en un doble sentido: por un lado, se ha multiplicado la normativa europea reguladora de la materia; y por otro lado, todas las legislaciones han adoptado como preferentes esas normas europeas dejando la normativa nacional o internacional como aplicación supletoria o complementaria.

El artículo 8 de la Ley 21/1992, de Industria en su Título III dedicado a la seguridad y calidad industriales establece una serie de definiciones aplicables en esta materia, entre la que resaltamos la de Homologación, como la certificación por parte de una Administración Pública de que el prototipo de un producto cumple los requisitos técnicos reglamentarios.

El artículo 13 de esa misma Ley, dispone que las homologaciones de vehículos, componentes, partes integrantes, piezas y sistemas que afecten al tráfico y circulación corresponden a la Administración del Estado, que podrá designar para la realización de los ensayos a laboratorios que cumplan las normas que se dicten por la Comunidad Europea.

1.4.1. Normativa española sobre homologación de vehículos, sus partes constituyentes, piezas, sistemas y repuestos

Una serie de definiciones sobre la homologación se encuentran en el artículo 1 del Real Decreto 2028/1986, por el que se dictan normas para la Aplicación de determinadas Directivas de la CEE, relativas a la Homologación de tipos de Vehículos automóviles, remolques y semirremolques, así como de partes y piezas de dichos vehículos (en adelante RADCHV) y en el artículo 3 del Reglamento General de Vehículos.

La Homologación e Inspección Técnica de vehículos de motor, remolques y semirremolques y exenciones, quedan regulados en el artículo 5 del RGV, mientras que el siguiente artículo establece los requisitos de los componentes y unidades técnicas independientes y el numeral 8 reglamenta las marcas y sistemas de identificación que deben portar los vehículos en nuestro país.

El Real Decreto 2140/1985 (modificado por R.D. 1204/1999 y diversas órdenes), por el que se dictan normas de homologación de tipos de vehículos automóviles, remolques y semirremolques, así como de partes y piezas de dichos vehículos estableció, con anterioridad a la entrada en la Unión Europea, un procedimiento, netamente patrio, para realizar la homologación vehículos y sus piezas.

Como obligación general, el artículo 1 establece que todos los vehículos automóviles y sus remolques, los tractores agrícolas y sus remolques, deberán corresponder a tipos homologados como condición previa para que puedan ser matriculados para su circulación por las vías públicas del territorio nacional.

Los artículos 3 al 8 del RADCHV, contienen las normas de adaptación para la homologación de vehículos en nuestro país, según la normativa europea.

1.4.2. El sistema europeo de homologación

A través del programa general de eliminación de obstáculos técnicos al comercio, creado en 1969, la Comunidad Europea ha hecho lo posible por introducir un procedimiento completo de homologación CE de los turismos. Desde 1970 hay varias directivas que establecen el procedimiento administrativo para la homologación de los vehículos automóviles, los autobuses y los camiones, así como para la de sus componentes. La Directiva 92/53/CEE, por la que se modifica la Directiva 70/156/CEE y los reglamentos que lo complementan, obliga desde el 1 de enero de 1996 a los fabricantes a cumplir las normas que establece sobre los elementos y características de esos vehículos y la armonización de los requisitos técnicos a ellos aplicables.

La instauración de un procedimiento comunitario de homologación de los vehículos simplifica la homologación permite extender un certificado de homologación reconocido en todos los Estados miembros y contribuye a eliminar los obstáculos para matricular los

vehículos. Así, desde 1993, todo fabricante, establecido o no en la Comunidad, está autorizado a vender en cualquier Estado miembro un tipo de vehículo, siempre que cumpla las cuarenta y cinco directivas técnicas. Desde el 1 de enero de 1996 los vehículos nuevos comprados en la Comunidad pueden ser matriculados en el Estado miembro en el que resida el comprador, ya que por definición el vehículo cumple las normas comunitarias.

Se trata del mismo enfoque que la CE eligió en 1992 para conseguir la armonización completa de las normas técnicas aplicables a los vehículos de motor de dos o tres ruedas.

Por otro lado, la existencia de diferentes normativas nacionales constituye un importante problema para la fabricación de maquinaria agrícola, dada la inexistencia de procedimientos de homologación a escala comunitaria. Cada uno de los Estados miembros aplica a los componentes y al propio tractor un procedimiento de ensayo y certificación.

El procedimiento europeo de homologación de un vehículo, esquemáticamente, consta de los siguientes pasos:

- **Solicitud de homologación:** La presentará el fabricante a los organismos competentes de un Estado miembro. Irá acompañada del expediente del fabricante y los certificados de homologación de cada una de las directivas aplicables.
- **Procedimiento de homologación:** La homologación será concedida si el tipo considerado se ajusta a la información incluida en el expediente del fabricante y satisface los requisitos técnicos de las directivas particulares. Cada Estado miembro cumplimentará con este fin un certificado de homologación y los correspondientes anexos relativos a los resultados de los ensayos y lo enviará al solicitante. Además se establece un sistema de información mutua sobre homologación entre los organismos de cada Estado miembro.
- **Modificación de las homologaciones:** La solicitud de modificación o de extensión de una homologación se presentará al Estado miembro que concedió la homologación original.
- **Certificado de conformidad:** Lo extenderá el fabricante basándose en el certificado de homologación. Contendrá información detallada sobre los elementos que se hayan añadido o modificado, así como sobre posibles restricciones de empleo.

Las directivas europeas, son las que garantizan el reconocimiento de los procedimientos nacionales de homologación, regulando la aplicación de dichos procedimientos, los intercambios de información entre las autoridades de inspección y la concesión de la marca comunitaria de conformidad.

1.4.3. Clasificación por criterios de homologación

El Acuerdo concerniente a la Adopción de Condiciones Uniformes de Aprobación y Reconocimiento Recíproco de Aprobación de las piezas y equipamiento de Vehículos de Motor, hecho en Ginebra el 20 de marzo de 1958, establecía la clasificación de los vehículos, que actualmente recoge el Acuerdo concerniente a la Adopción de Prescripciones Técnicas Uniformes para Vehículos de ruedas, Equipamiento y Piezas que pueden ser montadas y/o ser

utilizadas en Vehículos de Ruedas y las Condiciones para el Reconocimiento Reciproco de Aprobación sobre las bases de estas prescripciones.

- **Categoría L. Vehículo automotor con menos de cuatro ruedas.**
 1. Categoría L₁. Vehículos con dos ruedas con una cilindrada que no exceda los 50 cm³ y una velocidad de diseño máxima no mayor a 50 Km/h.
 2. Categoría L₂. Vehículos con tres ruedas con una capacidad de cilindrada que no exceda los 50 cm³ y una velocidad de diseño máxima no mayor de 50 Km/h.
 3. Categoría L₃. Vehículos con dos ruedas con una capacidad de cilindrada no exceda de 50 cm³ o una velocidad de construcción superior de 50 Km/h.
 4. Categoría L₄. Vehículos con tres ruedas asimétricas respecto al eje longitudinal medio, cuya cilindrada del motor exceda los 50 cm³ o una velocidad de diseño superior a los 50 Km/h (motocicleta con sidecar).
 5. Categoría L₅. Vehículos con tres ruedas simétricas en relación al eje longitudinal medio, con un peso máximo que no exceda los 1.000 Kg y una capacidad de cilindrada mayor de 50 cm³ o una velocidad de construcción superior a 50 Km/h.
- **Categoría M. Vehículo automotor destinado al transporte de personas y que tengan, ya sea 4 ruedas, al menos, o 3 ruedas y un peso máximo que no exceda de 1 Tm.**
 1. Categoría M₁. Vehículo para el transporte de pasajeros y que no contenga más de 8 asientos además del asiento del conductor.
 2. Categoría M₂. Vehículos para transporte de pasajeros con más de 8 asientos además del conductor, y que no excedan el peso máximo de 5Tm.
 3. Categoría M₃. Vehículos para transporte de pasajeros con más de 8 asientos además del asiento del conductor, y con un peso máximo que exceda de 5 Tm.
- **Categoría N. Vehículo automotor destinado al transporte de mercancías y que tenga 4 ruedas, al menos, o 3 ruedas cuando el peso máximo excede 1 Tm.**
 1. Categoría N₁. Vehículos utilizados para transporte de mercancías y con un peso máximo que no exceda de 3'5 Tm.
 2. Categoría N₂. Vehículos utilizados para transporte de mercancías y con un peso máximo que exceda a las 3'5 Tm pero sin exceder 12 Tm.
 3. Categoría N₃. Vehículos utilizados para transporte de carga y con un peso máximo, superior a 12 Tm.
- **Categoría O. Remolques y semirremolques.**
 1. Categoría O₁. remolques de un eje, que no sean semirremolques, cuyo peso máximo no exceda las 0'75 Tm.
 2. Categoría O₂. Remolques cuyo peso máximo no exceda las 3'5 Tm, excepto los remolques de la categoría O₁.
 3. Categoría O₃. Remolques con un peso máximo superior que exceda 3'5 Tm pero que no exceda 10 Tm.
 4. Categoría O₄. Remolques con un peso máximo superior a las 10 Tm.

2. GRUPOS Y SISTEMAS DEL AUTOMÓVIL

El automóvil, según su propia definición, ha de tener un sistema que proporcione energía de desplazamiento y un sistema que la transmita a las ruedas, que son las que proporcionan el movimiento al vehículo. Además, ha de tener otras cualidades como su estabilidad, el poder ser dirigido y detenido cuando sea necesario.

Los sistemas que conforman el automóvil son los siguientes:

- La estructura metálica, compuesta por el bastidor o la carrocería.
- El motor, con la distribución, alimentación, escape, lubricación y refrigeración.
- El sistema eléctrico, integrado por batería, generador y motor de arranque.
- La transmisión, compuesta por embrague, caja de velocidades, diferencial y palieres.
- La rueda que está compuesta por el neumático y llanta.
- La suspensión, que se haya conformada por los muelles y los amortiguadores.
- La dirección que tiene como componentes el volante, la columna de la dirección, el engranaje y los acoplamientos.
- El sistema de frenado integrado por el mando, el circuito y elementos frenantes.
- La visibilidad y los elementos de visión.

2.1. MASAS Y DIMENSIONES

Entre las condiciones técnicas que deben cumplir los vehículos a motor, para poder ser matriculados o puestos en circulación, se encuentran las masas y dimensiones mínimas y máximas admisibles para cada categoría de vehículos, cuyos conceptos se encuentran definidos en el Anexo IX del RGV.

2.1.1. Masas máximas permitidas

No se permite la circulación:

- a) De vehículos con ruedas neumáticas o de elasticidad similar que ejerzan sobre el pavimento una presión superior a 9 kilogramos por centímetro cuadrado de superficie bruta de apoyo. Se asimilan a estos vehículos los denominados «orugas» cuyas superficies de contacto con el suelo sean planas y no presenten salientes.
- b) De vehículos de tracción animal provistos de ruedas no neumáticas o de elasticidad similar, con masa en carga que sobrepase los 150 kilogramos por centímetro de ancho de banda de rodamiento.
- c) De aquellos en que los neumáticos soporten cargas superiores a las que determinen sus normas de seguridad (en función de sus índices de carga y velocidad máxima).
- d) De vehículos con masas por eje que excedan los límites del Anexo IX del RGV.
- e) De vehículos con masa máxima autorizada superior a los límites indicados en el Anexo IX del RGV.
- f) De los trenes de carretera en los que la distancia entre el eje posterior del vehículo motor y el delantero del remolque sea inferior a 3,00 metros.
- g) De vehículos o conjuntos de vehículos en los que la masa soportada por el eje motor o los ejes motores sea inferior al 25 por 100 de la masa total en carga del vehículo o conjunto de vehículos.

- h) De vehículos de motor de 4 ejes cuya masa máxima autorizada en toneladas sea superior a 5 veces la distancia en metros comprendido entre los centros de los ejes extremos del vehículo.

2.1.2. Dimensiones máximas autorizadas a los vehículos para poder circular incluida la carga

Longitud	Metros
Vehículos de motor excepto autobuses	12,00
Remolques	12,00
Vehículos articulados excepto autobuses	16,50
Trenes de carretera (1)	18,75
Autobuses articulados	18,00
Autobuses rígidos de 2 ejes	13,50
Autobuses rígidos de más de 2 ejes	15,00
Autobuses con remolque, incluido éste	18,75

Altura	Metros
Altura máxima de los vehículos incluida la carga	4,00

- (1) La longitud de los trenes de carretera especializados en transporte de vehículos, circulando con carga, puede aumentarse hasta un total de 20,55 m. utilizando un voladizo o soporte de carga trasero autorizado para ello.

Se deberá cumplir por todo tipo de vehículos, además que:

- La carga no debe comprometer la estabilidad del vehículo, perjudicar las obras y plantaciones de la vía o constituir obstáculo para su paso bajo los puentes, viaductos o instalaciones aéreas.
- Todo vehículo de motor y todo conjunto de vehículos deben ser capaces de describir por ambos lados una trayectoria circular completa de 360° dentro de un área definida por dos círculos concéntricos cuyos radios exterior e interior sean respectivamente de 12,50 y de 5,30 metros, sin que ninguno de los puntos extremos exteriores del vehículo se proyecten fuera de los círculos.

2.1.3. Masas remolcables para vehículos no agrícolas

La masa máxima remolcable, para remolque de un vehículo de categorías M y N, no podrá superar la masa máxima remolcable técnicamente admisible basada en la construcción del vehículo y/o de la resistencia del dispositivo de enganche en su caso.

Según el freno del remolque:

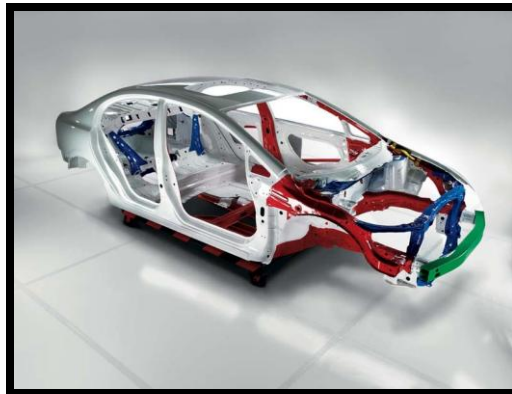
- Para arrastrar remolques sin freno: la mitad de la tara del vehículo tractor, incrementada en 75 kg., no excediendo en ningún caso de 750 kg.

- Para arrastrar remolques con solo freno de inercia, la masa máxima autorizada del vehículo tractor (1,5 veces la M.M.A. si el vehículo a motor es todo terreno), no excediendo en ningún caso de 3.500 kg.
- Para arrastrar remolques con freno continuo: Si el vehículo a motor es de categoría M, igual que en el apartado anterior. Si el vehículo a motor es de categoría N: Categoría N1: igual que en el apartado segundo; y Categoría N2 y N3: 1,5 veces la MMA del vehículo tractor.

2.1.4. Relación entre la masa de los vehículos y los resultados de una colisión

Empíricamente, se ha descubierto que añadiendo pasajeros a uno de dos vehículos idénticos implicados en una colisión frontal se reduce la probabilidad de riesgo de sufrir lesiones o la muerte en un $14,5 \pm 2,3\%$. De hecho en una colisión entre dos vehículos idénticos de 1.400 kg., el subir un pasajero a uno de los vehículos disminuye el riesgo de morir del conductor en un 7,5%; por el contrario, el riesgo del otro conductor se incrementa un 8,1 %. Si los automóviles tienen diferentes masas, y se añade un pasajero a uno de los vehículos ligeros se reduce el riesgo total. También disminuye el riesgo de lesiones a los conductores de los vehículos si se aumenta la carga en cada uno de ellos.

2.2. EL BASTIDOR Y LA CARROCERÍA



Estructura de un turismo

2.2.1. Definición y misión

El bastidor o chasis es el armazón o estructura metálica sobre el que se montan todos los elementos del automóvil.

La carrocería, elemento que representa el perfil estructural exterior de un automóvil, con los avances en diseño y forma de las estructuras, ha evolucionado hacia sistemas más rígidos, pero a la vez más ligeros, otorgando a los vehículos una mejor habitabilidad, una mayor protección del habitáculo en caso de accidente y un menor coeficiente aerodinámico, entre otras ventajas. Entre sus características, debemos reseñar: la rigidez, la absorción de esfuerzos, golpes y vibraciones.

Se busca transformar la energía de impacto en otras energías que no dañen a los ocupantes, por ejemplo disminuyendo las fuerzas dirigiéndolas en varias direcciones, disipándola mediante fricción, o bien, como sucederá en la mayor parte de los casos, por

deformación de los elementos de absorción de la estructura. La palabra clave de este proceso será progresividad, puesto que se pretende absorber la energía del golpe lo más progresivamente posible, y así, disminuir las aceleraciones sobre los ocupantes.

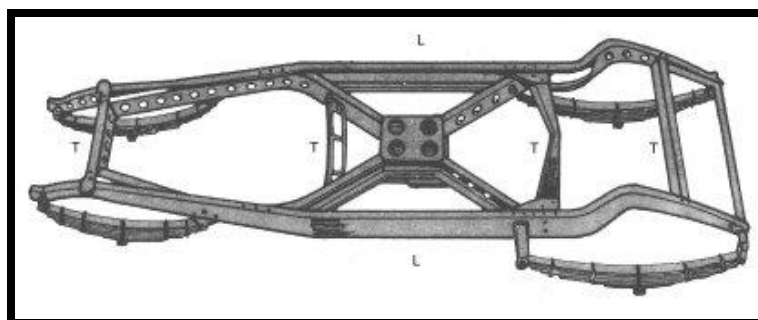
2.2.2. Tipología de carrocerías

Hay tres tipos de carrocerías:

2.2.2.1. Carrocería con chasis independiente

Este sistema es el más antiguo de los utilizados en el automóvil y en la actualidad sólo se aplica en la construcción de vehículos pesados (camiones, autocares, etc.), así como en automóviles de carrocería de fibra.

La estructura consta de vigas de acero a lo largo del vehículo, denominadas largueros (L), unidas mediante travesaños soldados (T). El elemento así formado constituye el bastidor sobre el que se montan los órganos mecánicos y la carrocería. Cuando el bastidor ha recibido todos los órganos mecánicos forma un conjunto denominado chasis.



Bastidor del vehículo, donde pueden apreciarse los largueros (L) y los travesaños (T)

2.2.2.2. Carrocería con chasis-plataforma

Este sistema también puede compararse con el de chasis separado. La plataforma portante está constituida por un chasis aligerado compuesto por la unión de varias chapas, que forman una base fuerte y sirve a la vez de soporte de las partes mecánicas y posteriormente de la carrocería.

Se utiliza para automóviles que habitualmente han de soportar cargas y esfuerzos elevados. Es el sistema propio de camiones ligeros, furgonetas, furgones, y la mayoría de los automóviles todo terreno.

2.2.2.3. Carrocería autoportante o monocasco

Hoy en día en la fabricación de turismos se emplea el sistema de carrocería autoportante o monocasco, en el cual la carrocería y el bastidor forman un resistente conjunto, al que se le colocan una serie de refuerzos para la sujeción de los diferentes elementos del automóvil.



Estructura del Peugeot 807.

2.2.3. Materiales

El material tradicionalmente empleado en la fabricación de carrocerías es la chapa de acero, aunque actualmente se vienen implantando otros elementos, como metales resistentes y sus aleaciones (p.ej. el aluminio), y los materiales plásticos, de fibras y composites.

La resistencia de una carrocería depende, fundamentalmente, de los materiales con los que se fabrique, así, los vehículos con carrocería de chapa de acero o aleación tienen una capacidad de deformación alta mientras que los vehículos de carrocería de plástico tienen una capacidad de deformación nula por lo que deben poseer una estructura tubular de acero para protección de los viajeros en casos de choques y vuelcos.

El acero es actualmente un material barato y que satisface muchos requerimientos en cuanto a versatilidad, seguridad, robustez, etc. Por el contrario cuenta con la desventaja de ser un material pesado, que lastra seriamente la eficiencia desde el punto de vista del consumo.

Cuando los plásticos van reforzados por algún tipo de fibra (vidrio, carbono, keblar, etc.) mejoran mucho sus propiedades mecánicas (mayor resistencia y rigidez) y dan lugar a lo que se conoce como plásticos reforzados o materiales compuestos de matriz orgánica, con un peso sensiblemente inferior al del acero.

En cuanto al avance de los metales alternativos, hay que señalar que ya hace algunos años que se fabrican, vehículos en serie totalmente en aluminio, en los que el peso llega a ser un 43% más ligero que si fuera de acero, consiguiendo un automóvil más ágil y de menor consumo, así como con una menor emisión de gases a la atmósfera.

2.2.4. Elementos y componentes



Estructura de un vehículo

El habitáculo de seguridad, es la zona de la estructura destinada a los ocupantes, y está diseñada para preservar su integridad. Está compuesto de los siguientes elementos:

- **Largueros delanteros:** Dos vigas paralelas que parten del travesaño delantero.
- **Largueros superiores:** Forman parte de las aletas delanteras.
- **Travesaño delantero:** Muy rígido, reparte las cargas para que la deformación sea uniforme en todo el vehículo.
- **Pilares:** Refuerzan los laterales y el techo formando el arco que configura el habitáculo, y su denominación va desde la A a la C o D, comenzando por el que pilar que soporta el parabrisas hasta el que soporta la luna trasera.
- **Largueros traseros:** Mantienen la integridad del depósito de combustible.
- **Largueros inferiores:** Situados bajo las puertas.
- **Vigueta transversal:** Proporciona rigidez al habitáculo y sujeta el parabrisas.
- **Techo:** Una serie de nervios le aportan mayor rigidez.
- **Barras laterales:** Evitan o minimizan las consecuencias de los impactos laterales.

Los elementos estructurales como los pilares y travesaños tienen como meta soportar las cargas de los vehículos y distribuir los esfuerzos a los que se ve sometida la carrocería en su circulación y las energías de deformación en caso de colisión, mientras que los largueros absorben la energía cinética deformándose.

2.2.4.1. Elementos interiores de la carrocería

Son las partes de mayor rigidez estructural que conforman el esqueleto de la carrocería. La mayoría son elementos estructurales con el objeto principal de soportar los esfuerzos estáticos debidos al propio peso del vehículo y carga; y los esfuerzos dinámicos generados por su movimiento (aceleración lineal y centrífuga, cabeceo, guiñada, etc.).

2.2.4.2. Elementos exteriores de la carrocería

Son aquellos que para poder ser examinados no necesitan ser desmontados ni despiezados, y además son perfectamente visibles desde el exterior.

2.2.4.3. Despiece de una carrocería.

Una información clave en la investigación de accidentes de tráfico, tanto a la hora de realizar la inspección del vehículo postcolisión como a la hora de la descripción de las partes o piezas afectadas por la misma, es conocer el despiece completo del vehículo, así como la función de cada parte o pieza que lo compone y la terminología técnica para referirse a las mismas, datos que se deberán conseguir para cada modelo de vehículo.

2.2.5. Fallos y mal comportamiento de la estructura

Las deformaciones de carrocería, una vez definida la situación del impacto, pueden dar idea de la energía puesta en juego en el accidente. Conociendo los tipos de vehículos implicados y la configuración de su estructura, se tiene una información útil para tratar de reconstruir la forma en que se produjo el accidente, pero también puede descubrirse un deficiente estado de conservación de la estructura o algún defecto de origen del vehículo.

La corrosión y el oxido de las estructuras metálicas de un vehículo disminuyen de forma peligrosa su resistencia frente al choque, tanto con otros vehículos como con obstáculos fijos, por lo que los componentes estructurales de los vehículos actuales cuentan con modernos tratamientos anticorrosión.

Mediante la observación de las deformaciones y los restos de oxido en los bajos y terminaciones de la chapa, y comprobando la facilidad de apertura de puertas, se puede verificar el estado de conservación de la estructura.

2.3. EL SISTEMA ELÉCTRICO: ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN ÓPTICA



Proyector de un turismo

El automóvil para su correcto funcionamiento, necesita contar con un completo sistema eléctrico, que puede dividirse en una serie de subsistemas: batería, sistema de encendido, sistema de iluminación y sistemas auxiliares. De todos ellos, por su relación próxima a la posible evolución de la mayoría de los accidentes, especialmente aquellos que suceden en horario nocturno, se desarrollará en profundidad el alumbrado y la señalización óptica.

2.3.1. Misión, definiciones y especificaciones técnicas

El sistema de alumbrado tiene la misión de proporcionar una fuente de iluminación capaz para poder ver y ser vistos en condiciones de seguridad cuando la iluminación de la vía no es suficiente, para lo cual es preciso transformar una fuente de energía en luz.

A continuación se exponen algunas de las especificaciones que afectan a las luces:

Los dispositivos de alumbrado y de señalización luminosa deben estar montados de tal modo que, en las condiciones normales de utilización y a pesar de cualesquiera vibraciones a las que pudieran estar sometidos, conserven las características y permitan al vehículo cumplir los requisitos exigidos.

Las luces de alumbrado: luz de carretera, luz de cruce y luz antiniebla delantera estarán instaladas de forma que sea fácil ajustar correctamente su orientación.

Cuando no existan instrucciones específicas, se comprobará la altura y la orientación de las luces con el vehículo vacío situado sobre una superficie horizontal plana en la situación normal de uso del vehículo. Salvo instrucciones específicas, las luces de un mismo par deberán estar montadas simétricamente en relación con el plano longitudinal medio del vehículo, también deberán cumplir los mismos requisitos colorimétricos, y finalmente, deben tener características fotométricas prácticamente idénticas.

Las luces podrán ser agrupadas, combinadas o recíprocamente incorporadas, a condición de que cada una de ellas cumpla todos los requisitos referentes a color, posición, alineación, visibilidad geométrica, conexiones eléctricas y otros requisitos, si los hubiera. La altura máxima desde el suelo se medirá a partir del punto más alto y la altura mínima a partir del punto más bajo de la superficie aparente en la dirección del eje de referencia. Cuando se trate de luces de cruce, la altura mínima respecto del suelo se medirá desde el punto más bajo de la salida real del sistema óptico (por ejemplo: el reflector, la lente o la lente de proyección) independientemente de su utilización.

Una luz destinada a iluminar la carretera no podrá emitir hacia adelante ninguna luz roja que pueda prestarse a confusión, ni ninguna luz podrá emitir hacia detrás una luz blanca que pueda prestarse a confusión, excepto si se trata de la luz de marcha atrás. No se tendrán en cuenta los dispositivos de alumbrado instalados para la iluminación interior del vehículo.

2.3.2. Tipología de luces en los vehículos

Las normas estipulan que puede haber en un vehículo hasta un máximo de 19 tipos diferentes de luces. La presencia de todas ellas no es obligatoria, sino que tiene un carácter optativo del fabricante o en su caso del propietario del mismo.

2.3.2.1. Diferentes tipos de luces

En los automóviles pueden instalarse una serie de luces que podremos agrupar de la siguiente manera dependiendo de la función a la que estén destinadas:

- **Luces cuya función es iluminar la carretera:** Incluyen la luz de carretera, la de cruce y la luz antiniebla delantera.
- **Luces cuya función es indicar la posición del vehículo:** Comprenden la luz de posición delantera y trasera, el dispositivo de alumbrado de la placa trasera de matrícula, la luz antiniebla trasera, la de estacionamiento, la de gálibo, la de posición lateral, la de circulación diurna y los catadióptricos.
- **Luces cuya función es indicar movimiento o situación anormal:** Luz de marcha atrás, los indicadores de dirección, la señal de emergencia y la luz de frenado.

2.3.2.2. Normas específicas de cada tipo de luz.

Las normas que rigen la el número, color y situación de los diversos dispositivos de alumbrado y señalización óptica, para las distintas categorías de vehículos, aparecen recogidos en tablas en el Anexo X del RGV.

2.3.3. Elementos

Los circuitos de alumbrado están compuestos de: interruptores, elementos de mando, conectores, conductores, relés, fusibles y el más importante de todos, los proyectores.

Los proyectores se componen de tres partes claramente diferenciadas:

- **Faros:** de los cuales existen los abiertos, que son los que el cristal, la parábola y las lámparas esta unidas independientemente y los cerrados, en los que esas piezas están agrupadas en una sola unidad.

- Pilotos: no son para iluminar sino para ser vistos y se cubren con un plástico de color de luz reglamentario.
- Lámparas: elementos que transforman la energía eléctrica en energía luminosa.

2.3.4. La influencia del sistema de iluminación en la accidentalidad: las lámparas como pruebas

2.3.4.1. Estadísticas de accidentalidad

Siendo la noche el periodo del día con más baja intensidad de tráfico es, sin embargo, el más peligroso, registrándose en el mismo durante el año 2008 en España, el 42% de las víctimas mortales. Pero si tenemos en cuenta también el crepúsculo, cuando las condiciones de visibilidad tampoco son las más idóneas, las estadísticas de la Dirección General de Tráfico nos revelan que durante ambos periodos se producen el 48% de las víctimas mortales.

Momento del día	Accidentes con víctimas	%	Muertes	%
Día	7.372	71%	266	52%
Noche y crepúsculo	3.065	29%	245	48%
Total	10.437	100 %	511	100 %
Sólo Noche	2.585	25%	217	42%

Estadística accidentalidad año 2008. Fuente: DGT

Desde luego existen diversos factores que pueden ofrecer una explicación sobre estos datos, pero está demostrado que una buena visibilidad se presenta como elemento fundamental de seguridad en la carretera. Además una buena iluminación retardará la aparición de los efectos de la fatiga y el cansancio, no viéndose obligado el conductor a mantener unos niveles de atención que superen su capacidad de reacción.

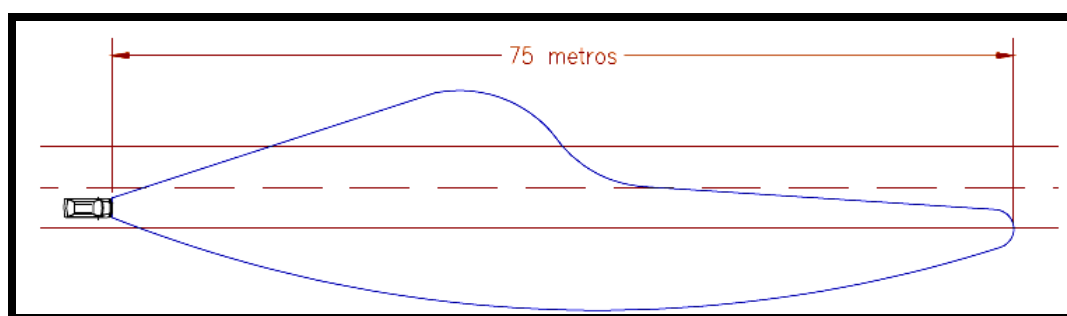
Existen algunas tipologías de accidente que se dan más frecuentemente por la noche, - obstáculos en la calzada, atropellos y salidas de la vía-, resultando evidente la importancia que una buena iluminación tiene como factor preventivo de primer orden. En el caso de los atropellos a peatones hay que destacar que un 72% de los accidentes mortales se han producido mayoritariamente durante las horas de noche y crepúsculo.

2.3.4.2. Visibilidad y conducción nocturna

Durante la noche, el pavimento de una carretera seca absorbe el 70% de los rayos de luz incidentes producidos por el sistema de alumbrado del vehículo, quedando por lo tanto sólo el 30% restante para percibir la iluminación de la calzada. El Código de Circulación establece, que cualquier vehículo capaz de superar los 10 km/h debe disponer de un sistema de iluminación, capaz de iluminar eficazmente una zona de 40 metros de longitud, como mínimo, por delante del vehículo.

Para conseguir este objetivo, en España se utiliza desde 1968, el Haz Europeo Unificado, que está diseñado de tal manera que:

- Hasta los 25 o 30 metros por delante del vehículo, proporciona iluminancias superiores a los 12 lux, lo que proporciona sensación de seguridad en circulación en recta y permite realizar una conducción confortable en carretera sinuosa.
- Entre los 30 y los 60 metros, proporciona iluminancias superiores a los 6 lux. Esta zona corresponde a la distancia de visibilidad en atención difusa que representa aproximadamente el 80% del tiempo de conducción.
- Entre los 60 y los 75 metros, proporciona iluminancias superiores a 2 lux, lo que permite distinguir un objeto con atención concentrada.
- Ilumina de manera asimétrica la zona, para evitar que un conductor que circule en sentido contrario reciba iluminancias superiores a 0,4 lux y corra el riesgo de ser deslumbrado. Debido a esta asimetría el alcance máximo del haz es, en su zona derecha de 75 metros, viéndose reducido en su zona izquierda a 40 metros.



Zona iluminada por el haz unificado europeo.

- Proporciona luz difusa alrededor del cono luminoso principal, útil para descansar la vista y ayudar al conductor a orientarse. Otra pequeña parte de la luz es dispersada hacia arriba para que la señalización vertical sea visible.

Durante la circulación nocturna con luz de cruce, en una vía insuficientemente iluminada, la zona de visibilidad queda reducida a la zona iluminada por el haz de luz. En esa distancia, ante una situación imprevista en la carretera, el conductor debe percibir el peligro, comprenderlo y reaccionar en consecuencia, tiempo durante el cual se recorre un espacio que es directamente proporcional a la velocidad de circulación.

2.3.4.3. Las luces indicadoras de una maniobra

Las luces de maniobra juegan un papel importantísimo en materia de Seguridad Vial, pues permiten avisar con antelación de las intenciones de maniobra a realizar, provocando en el usuario que nos precede o sigue una activación de su sistema de alerta y reacción.

- Luces indicadoras de dirección o intermitentes

Permiten señalar con antelación aquellas maniobras que se pretendan realizar. Se encuentran en los vértices del vehículo, completándose con pilotos dispuestos en los laterales. La intermitencia debe tener una frecuencia entre 60 y 120 pulsaciones por minuto.

- Luz de emergencia o averías

Actuarían los cuatro indicadores de dirección simultáneamente y con la misma frecuencia, reservándose su uso para casos de necesidad y siempre con el vehículo detenido.

- Luces de freno

Previenen al usuario del vehículo que le sigue, que va a reducir la velocidad.

- Luces de marcha atrás

Su cometido es avisar que se está realizando una maniobra contraria al sentido de marcha. Estas luces están constituidas básicamente por uno o dos puntos luminosos de color blanco, dispuestos en la parte trasera del vehículo.

2.3.4.4. Lámparas

Son los elementos que generan el foco luminoso en el interior de los faros o pilotos. La calidad de la iluminación depende, en gran medida, de la calidad de la fuente luminosa.

En Europa todos los dispositivos con aprobación ECE llevarán la marca E (E1, E2, etc.) y las lámparas de exterior de un automóvil cumplirán la Norma ECE R37, que contendrá un número de certificado de aprobación. Para las lámparas de xenón, la reglamentación específica válida es la R99.

La mayoría de las lámparas que se utilizan en la actualidad, están compuestas por un soporte metálico, en el que se halla suspendido un filamento de wolframio en espiral. A través de éste pasa una corriente, haciendo que se caliente y emita luz en el espectro visible. El filamento se protege por un bulbo de cristal que contiene un gas inerte para impedir la oxidación del filamento.

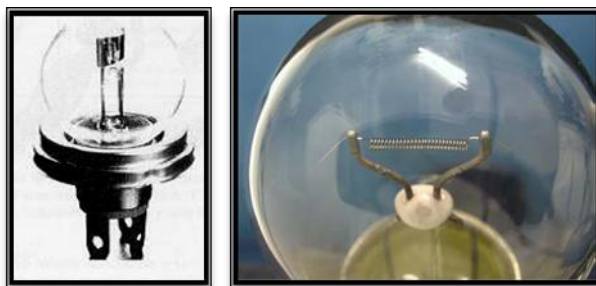
En las lámparas ordinarias la presión del gas es ligeramente inferior a la atmósfera (vacío parcial). Los terminales soportes aislados e inmersos en material cerámico se sacan a un casquillo que constituirá el soporte de la lámpara.

Fundamentalmente, en los automóviles se utilizan tres tipos homologados de lámparas para el sistema de alumbrado de cruce o carretera:

- Lámpara de incandescencia

Este tipo de lámpara tiene un rendimiento luminoso y una vida útil pequeña, por el ennegrecimiento de la ampolla con las partículas de wolframio evaporadas del filamento.

Su rendimiento luminoso (rendimiento luminotécnico obtenido en función de la potencia eléctrica suministrada), es de 10 a 18 lm/W (lumen por vatio).



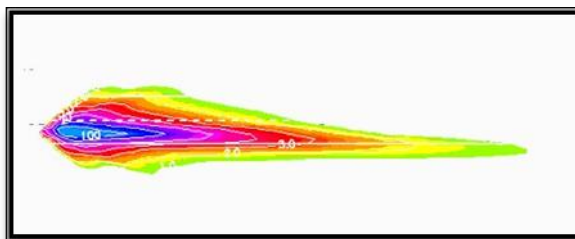
Bombilla de incandescencia y detalle del filamento.

Normalmente las lámparas de incandescencia convencionales sufren variaciones a medida que van envejeciendo por el uso. Debido a la sublimación lenta (evaporación gradual) por debajo de la temperatura de fusión del wolframio, el cristal del bulbo va oscureciéndose progresivamente. En el propio filamento pueden apreciarse rugosidades provocadas por el uso, que pueden ser apreciadas mediante una lupa. También puede ser característica una ligera curvatura del filamento usado en lámparas de baja intensidad debido al efecto de la gravedad, que se intensifica en filamentos sometidos a diversas vibraciones.

- Lámparas halógenas

Las lámparas halógenas pueden tener uno o dos filamentos incandescentes (. En el primer caso se utilizan para la luz de cruce, de carretera o antiniebla y en el segundo caso para la luz de carretera/cruce en la misma lámpara.

Para conseguir un mejor rendimiento luminoso, se incorpora en las lámparas un pequeño porcentaje de un gas halógeno, como puede ser el yodo o el bromo, que permite que la temperatura del filamento alcance casi el punto de fusión del wolframio, unos 3400 °C, y por tanto un alto rendimiento luminoso. Una lámpara de halógeno irradia aproximadamente el doble de luz que la equivalente de incandescencia convencional. Proporcionan una mayor profundidad de visión en la luz de carretera, y en las de cruce, aunque la distancia es la misma, la luz es más intensa y el haz luminoso más ancho, aportando más seguridad lateral.



Haz luminoso europeo de una lámpara halógena

En estos tipos de lámparas el rendimiento luminoso es de 22 a 26 lm/W y se debe sobre todo a la mayor temperatura del filamento.



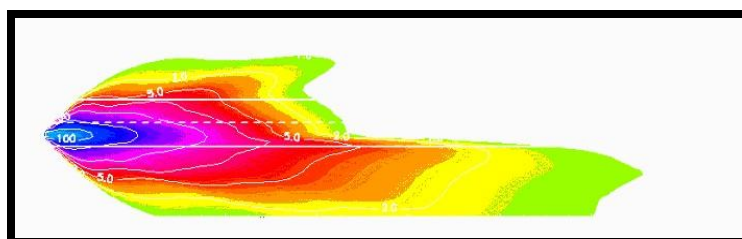
Lámpara halógena

- Lámpara de descarga de gas o de Xenón.

Actualmente el desarrollo de la iluminación de vehículos se centra en la tecnología de los faros de xenón, con ventajas decisivas en comparación con las otras lámparas.

La tecnología de las lámparas de Xenón de Alta Intensidad de Descarga (Xenón HID, High Intensity Discharge) supuso un paso adelante en la mejora de la visibilidad de los conductores de automóviles, al conseguir una iluminación más intensa, clara y homogénea, un mayor alcance y una mejora en la iluminación de los flancos, proporcionando al conductor un mayor nivel de confort y seguridad en los viajes nocturnos y en condiciones meteorológicas adversas.

Son lámparas que carecen de filamento incandescente y funcionan con corriente eléctrica alterna descargada por un módulo convertidor electrónico, que pasa a través del gas xenón. Aunque las lámparas de xenón de primera generación sólo eran empleadas en luz de cruce alternando con halógenas para luz de carretera, actualmente se comercializan lámparas bi-xenón con un obturador de dos posiciones en el proyector, que se levanta cuando se utilizan las luces de largo alcance.



Haz luminoso europeo de una lámpara de xenón

En las lámparas de descarga de gas el rendimiento luminoso es de unos 85 lm/W, lo que supone un aumento importante respecto a los otros tipos de lámparas.

Las lámparas de xenón están homologadas en España para vehículos que estén equipados con correctores automáticos del haz de luz y de un sistema limpiafaros.

2.3.4.5. Las lámparas como pruebas

En accidentes de tráfico por la noche es importante establecer si las lámparas y las luces traseras estaban encendidas o apagadas en el momento de la colisión. Los accidentes diurnos como en los nocturnos pueden suscitar cuestiones sobre si la lámpara de señalización de cambio de dirección de un vehículo estaba activada.

Así, el propósito principal del análisis en laboratorio, del filamento de una lámpara perteneciente a un vehículo accidentado, es determinar si se encontraba encendida o apagada en el momento del impacto, tarea crucial que puede ser acometida mediante el examen de las lámparas y de sus restos, y es que el efecto de una colisión en la lámpara, depende del estado del filamento (caliente o frío) y de si el bulbo de cristal está intacto o se encuentra roto.

No deberán accionarse bajo ningún concepto los conmutadores de la luz para comprobar si funciona alguna bombilla, pues si se ha roto el cristal del bulbo durante el impacto encontrándose apagada, no presentará ningún tipo de oxidación, pero al accionar el conmutador se producirá su oxidación y se fundirá, lo que nos llevaría a una conclusión equivocada al realizar la inspección técnico-ocular (que la bombilla se encontraba encendida, cuando en realidad estaba apagada). La condición en que se encuentran el filamento y el cristal puede permitir a los investigadores estimar su edad, y algunas veces hasta la dirección de impacto. Las siguientes características son comunes en este tipo de inspecciones:

Deformación del filamento en espiral

Cuando el filamento está incandescente (bombilla encendida), la espiral de tungsteno se convierte en dúctil y así si el bulbo experimenta un fuerte impacto, la espiral puede deformarse. El espaciado de la espiral se agranda cuando el filamento se alarga; esto es también indicativo de la temperatura del filamento. Cuando hay más de un filamento en la lámpara, el filamento que sufre la mayor deformación será usualmente el que estaba iluminado; sin embargo otros factores tales como la situación del filamento, deben ser tomados en cuenta.



Lámpara de filamento dual freno/luz trasera. El filamento fino de la luz trasera no estaba incandescente, aunque estaba caliente por la luz del filamento del freno.

Fuente: Helen Thorneycroft, DRB Materials Technology Ltd, www.drb-mattech.co.uk

Si el filamento no se encuentra deformado, indica que la bombilla estaba apagada en el momento del accidente

Oxidación de la espiral

Si el bulbo se rompe, el filamento contactará con la atmósfera cuando el gas inerte se escape, y si la espiral estaba caliente, pero no incandescente, el tungsteno se oxidará y puede aparecer tintado con colores que varían desde el amarillo pálido al verde y el violeta. Sin embargo si la lámpara estaba encendida, los óxidos son mayoritariamente negros, por la adición de “humo de oxido”. Cuando la bombilla tiene dos filamentos, podemos encontrarnos con un filamento ennegrecido que es el que se encontraba encendido y el otro tintado al encontrarse caliente por la proximidad al que estaba encendido. Si nos encontramos con un filamento ligeramente oxidado y que el otro ha desaparecido, tendremos la certeza de que el que ha desaparecido se encontraba **encendido**.



Oxidación causada por la exposición al aire de una espiral de tungsteno incandescente.

En el caso de romperse el bulbo en el momento del impacto, además de la oxidación del filamento, también, se pueden encontrar en el mismo pequeñas partículas esféricas de cristal. Y es que, al impactar los cristales astillados con el filamento caliente se fundirán, formando una esfera perfecta sobre la superficie del cable.

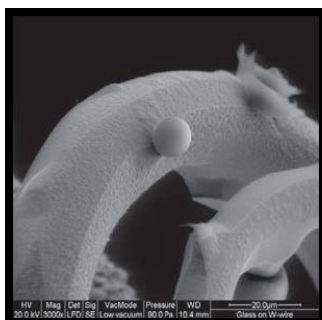
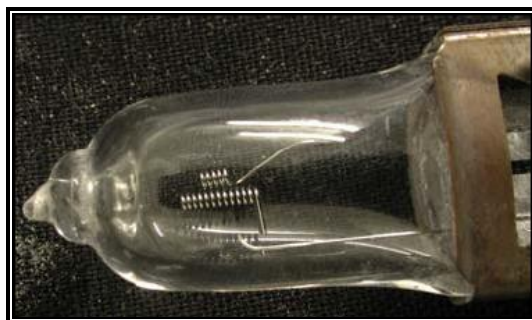


Imagen SE de un filamento con un pequeño fragmento de cristal fundido

Fractura de la espiral

Si una espiral no está conduciendo electricidad ni esta junto a una fuente de calor, será frágil, y puede sufrir una fractura rápida en el supuesto de una colisión. Esto se traduce en una espiral quebrada (bordes con aristas) y regularmente espaciada que a menudo se denomina “rotura en frío” (cold shock), no mostrando deformaciones. Los filamentos dúctiles mostrarán algunas veces cuellos en la rotura por alargamiento y no mostrarán la misma uniformidad.

Si la bombilla estaba encendida, la espiral mostrará en su fractura alguna deformación y los bordes redondeados, al fundirse el filamento.



Fractura en frío de un filamento en espiral

Fuente: Helen Thorneycroft, DRB Materials Technology Ltd, www.drb-mattech.co.uk

Determinación de la dirección de impacto

La dirección del impacto puede deducirse de la deformación que presente el filamento de la bombilla, ya que cuando un vehículo es colisionado, sufrirá una deceleración brusca, que implicará una deformación del filamento en el sentido contrario al golpe. En el caso de la siguiente imagen podemos observar como a consecuencia de la sacudida el filamento se ha

deformado y ha llegado a tocar el cristal del bulbo. Si la bombilla tiene dos filamentos, la deformación será mayor en aquél que se encuentra encendido.

Respecto a los efectos de una sacudida sobre las espiras de un filamento, estos son mayores, cuanto menor es la distancia entre el lugar de ubicación de la lámpara y el punto de impacto sobre el vehículo, así como cuanto mayor sea la intensidad de la sacudida. Dependiendo de estos factores, distancia e intensidad, los efectos sobre un filamento incandescente pueden llegar a ser imperceptibles.

2.4. LA TRANSMISIÓN



Transmisión de un vehículo

2.4.1. Definición

Llamamos transmisión al conjunto de engranajes, acoplamientos y otros dispositivos que trasladan la energía de movimiento giratorio del motor, a través del árbol de transmisión a las ruedas motrices, pudiendo variar la relación de transmisión entre ambos elementos.

2.4.2. Tipología

La disposición y elementos de un sistema de transmisión dependen de la situación relativa entre el motor y las ruedas motrices:

- **Motor delantero y tracción:** muy empleado en vehículos de pequeña y media potencia por su economía de elementos. Son motrices las ruedas delanteras.
- **Motor delantero y propulsión:** empleado en vehículos de gran potencia. Es la disposición más compleja. Son motrices las ruedas traseras.
- **Motor trasero y propulsión:** Prácticamente no se emplea en la actualidad por problemas de refrigeración del motor. Son motrices las ruedas traseras.
- **Transmisión total o a las cuatro ruedas (4x4):** Actualmente se emplea bastante por la alta seguridad que ofrece, principalmente en curvas. Ambos ejes son motrices, para lo cual se disponen dos diferenciales, uno por eje.
- **Propulsión doble:** consiste en colocar dos puentes traseros propulsores. Se utiliza en los camiones de gran tonelaje en los que las ruedas traseras soportan la mayor parte del peso del vehículo y de la carga.

2.4.3. Elementos

Los elementos del sistema de la transmisión de un vehículo de motor equipado con un motor delantero y propulsión son los siguientes:

2.4.3.1. Embrague (clutch)

Es el encargado de conectar o desconectar el motor de las ruedas motrices.

Los tipos de embrague, que son utilizados con mayor frecuencia en automoción, son el embrague de fricción o disco, el embrague hidráulico y el electromagnético.

2.4.3.2. *Caja de velocidades*

Recibe del embrague la potencia aportada por el motor y la transmite al cardan, que a su vez la entrega a las ruedas.

Las cajas modernas traen entre cinco y seis marchas hacia delante y una hacia atrás. Cuando no hay colocado un cambio, se dice que está en “neutro” o punto muerto, en esta posición no se transmite movimiento del motor hacia las ruedas.

2.4.3.3. *Árbol de transmisión*

Se conoce por árbol de transmisión, al eje que transmite el movimiento de la caja de velocidades a las ruedas motrices.

2.4.3.4. *Grupo Diferencial*

Al desplazarse por una curva, las ruedas que marchan en la parte externa, hacen un recorrido mayor a las de la parte interna, por esta razón, la tracción en una curva no puede ser igual. Esa es la función del diferencial, permitir que las ruedas izquierdas y derechas, puedan girar a diferente velocidad durante la curva.

2.4.3.5. *Juntas*

Con el fin de dar solución constructiva al ángulo variable entre la salida del cambio de velocidades (eje secundario) y el eje de transmisión, y poder transmitir el esfuerzo de giro, se emplean las llamadas juntas universales.

Nos podemos encontrar con una junta universal elástica, constituida por una serie de discos de tela reforzada, unidos a los ejes por medio de horquillas de tres brazos, o una junta universal cardan, que es un mecanismo de velocidad no constante, consistente en dos horquillas conectadas mediante una cruz.

2.4.3.6. *Semiárboles de transmisión (palieres)*

Los semiejes o palieres son los encargados de transmitir el esfuerzo de giro desde el diferencial hasta las ruedas, y forman por tanto el verdadero eje motriz del vehículo.

2.5. LA RUEDA



Rueda de un vehículo

2.5.1. Normativa

En el Anexo VII del Reglamento General de Vehículos, y en relación a las ruedas y neumáticos de los vehículos, se dispone todo lo concerniente a sus dimensiones y características, profundidad mínima de dibujo, indicadores de desgaste, condiciones mínimas de utilización, neumáticos especiales, y finalmente sobre la presión de inflado de los mismos.

2.5.2. Definición y misiones

La rueda y el neumático constituyen el único elemento de unión entre el vehículo y el suelo sobre el que circula, formando parte de los sistemas de transmisión, dirección y suspensión. Dicha rueda y neumático, están formados por dos elementos definidos como:

- **Llanta o rueda metálica:** Elemento de unión entre la cubierta y el eje, se encarga de soportar el par motor y de la evacuación del calor generado en los frenos.
- **Neumático o cubierta:** Elemento de caucho y sílice en su mayor parte. Su diseño debe proporcionar la relación coeficiente de rozamiento-desgaste más favorable.

Dicho conjunto de elementos tiene por misiones, entre otras, las siguientes:

- Soportar la carga del vehículo.
- Contribuyen al confort (en la amortiguación y reducción de ruido)
- Transmitir la fuerza motriz.
- Asegurar la direccionalidad del vehículo, manteniéndolo en su trayectoria.
- Transmiten la fuerza de deceleración y contribuyen a la estabilidad de la frenada.
- Contribuir a mejorar la eficacia de la suspensión.

2.5.3. Características generales

Los neumáticos presentan tres ejes de *flexibilidad*: vertical, transversal y longitudinal.

Mediante un perfil más bajo (disminución de altura con relación a la anchura del neumático) se consigue *la flexibilidad vertical* del mismo.

Una rueda apoyada en el suelo y cargada, cuando se somete a un esfuerzo lateral aplicado en su centro y perpendicular al plano de la rueda, sufre un desplazamiento en el sentido de la fuerza, es lo que se llama *flexibilidad transversal*.

Cuando el eje se desplaza en el sentido de avance de la rueda, el neumático se deforma en dicho sentido dándonos la *flexibilidad longitudinal*. Este fenómeno se presenta simplemente al acelerar o frenar, momento en el que aplicamos un par de fuerzas a la rueda, el neumático se deformará amortiguando en cierta manera el esfuerzo y evitando un desplazamiento prematuro.

La humedad del aire que contiene la cubierta, provoca el progresivo deterioro de los elementos de la rueda, perdiéndose en un mes una presión que puede oscilar, en un vehículo convencional, en torno a 0'14 bares, ocasionando un consumo extra de combustible del 1'5 % y provocando unos tiempos de frenada más largos.

Los neumáticos están diseñados para que se establezca un equilibrio entre presión de inflado, carga y resistencia de la carcasa. Así cuando la presión de inflado no está en consonancia con la carga que soporta, el neumático se deforma y la banda de rodamiento no apoya correctamente sobre el suelo, lo que origina desgastes anormales.

El *bajo inflado* provoca flexiones exageradas en la carcasa, aumentándose la temperatura interna, pudiendo provocar la rotura y dislocación de las lonas, así como su despegue. El desgaste en estas condiciones de trabajo es mucho mayor en los lados exteriores de la banda de rodamiento.

En el caso de neumáticos gemelados, cuando uno de ellos está parcialmente desinflado, el rozamiento interno y externo puede producir una acumulación de calor tal, que el neumático corre el peligro de inflamarse.

El *sobreinflado* provoca sobre la carcasa, una sobrefatiga por el aumento de la tensión en las partes interiores, pudiendo producir, incluso, roturas en el tejido de la carcasa. Además, un neumático sobreinflado se hace más duro y rígido, perdiendo adherencia y haciéndose más vulnerable a los riesgos de cortes y pinchazos.

2.5.4. Elementos de la parte metálica de la rueda

La parte metálica de la rueda está formada por tres elementos unidos entre sí:

- **Cubo.** Elemento al que se fija directamente la rueda por medio de tornillos.
- **Disco.** Elemento con forma anular que sirve como unión entre la llanta y el cubo.
- **Llanta.** Es la parte giratoria que recibe el movimiento de la transmisión, soporta la carga y sobre la que se ajusta el neumático.

2.5.5. La llanta

La llanta es el elemento metálico anular de la rueda, que recibe el movimiento de la transmisión, soporta la carga y sobre la que se apoyan los talones del neumático, esto es, el ajuste del neumático. En su perfil podemos diferenciar, por una parte la *pestaña* que retendrá lateralmente el talón del neumático y de cuya altura dependerá el buen funcionamiento del vehículo, ya que si la fuera muy baja en comparación con la sección del neumático, al entrar en una curva el neumático se deformaría excesivamente y si fuera demasiado alta se transmitirían todas las irregularidades del terreno, ya que no permitiría la flexibilidad de los flancos del neumático. De otra parte, tenemos el *asiento* que es la parte de la llanta que habilita un soporte radial al neumático y por último la *garganta*, que permite el montaje del neumático.

La consignación en las llantas se señala en la norma UNE 69 001-78 y la dimensión de las mismas viene definida por un número que indica el ancho de la misma, seguido de una o varias letras que identifican el tipo de su perfil y un segundo número que designa el diámetro nominal, seguido de las letras que identifican el tipo de reborde interno (hump). Todas estas marcas deben ser perfectamente visibles con el neumático lleno de aire y montado.

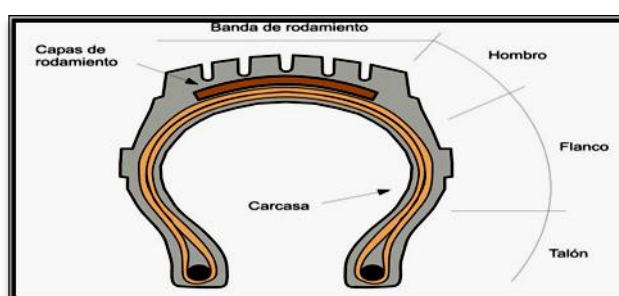
Las **llantas de acero** templado son las más universales y comunes y están fabricadas en acero laminado o estampado.

Las llantas de **aleación ligera** o de **aluminio** suelen instalarse en vehículos más potentes. Están formadas de una sola pieza, y son fabricadas en aluminio y magnesio. Existen otros tipos de llanta de materiales más ligeros, tales como la **fibra de carbono** o **magnesio**, destinados a vehículos de altas prestaciones.

2.5.6. Elementos constitutivos de un neumático

La cubierta es el elemento exterior que caracteriza al neumático. Montada sobre la llanta e hinchada con aire a presión, constituye la parte elástica de la rueda en contacto con el suelo, soportando el peso del vehículo y constituyendo el elemento de rodadura.

La cubierta del neumático es una estructura en forma de toroide y llena de aire que está constituida por los siguientes elementos:



Partes fundamentales de una cubierta

- **Carcasa o armazón.** Elemento fundamental en los neumáticos destinado a conferir resistencia, debiendo soportar la presión de inflado y los esfuerzos exteriores. Está formada por una serie de capas superpuestas de tejidos con cuerdas o cables de alta resistencia a la tracción y embebidas en goma.
- **Banda de rodamiento.** Es la banda de contacto del neumático con el suelo y proporciona capacidad de agarre, de tracción y direccionalidad. Está formada por una gruesa capa de goma sobre la que se marcan una serie de surcos que dan origen al “dibujo” del neumático.
- **Capas de rodamiento, lonas de cima o cinturón.** Son capas de cables interpuestas entre la banda de rodamiento y la carcasa. Su finalidad es la de absorber los esfuerzos internos generados por los impactos que recibe la cubierta.
- **Hombros.** Zona de transición entre la banda de rodamiento y los flancos.
- **Flancos o costados.** Deben poseer una elevada resistencia, para soportar la carga y la constante flexión a la que se ve sometido el neumático.
- **Talones.** Constituidos por un aro de alambre de acero, tienen por misión impedir el aumento de diámetro del neumático y asegurar el perfecto anclaje a la llanta.

2.5.7. Tipologías de neumáticos

La estructura de la cubierta es su parte interior y puede ser de tres tipos distintos:

- **Cubierta diagonal.** Presenta como característica una carcasa compuesta por varias lonas superpuestas y cruzadas.

- **Cubierta mixta o diagonal reforzada o cinturada.** En su fabricación se combinan las técnicas de la cubierta diagonal con las empleadas en la radial.
- **Cubierta radial.** Tiene una carcasa dispuesta transversalmente al sentido de giro (radial) con un cinturón sobrepuesto.

2.5.8. Materiales

La goma empleada en la elaboración de las cubiertas es una mezcla de diversos cauchos. Los polímeros que aparte el caucho natural se utilizan en la fabricación de neumáticos, tienen como característica común una alta plasticidad y flexibilidad.

Gracias a su elevado tamaño pueden sufrir grandes deformaciones, recuperando completamente su forma primigenia tan pronto como desaparece el esfuerzo que las provocó.

2.5.9. Nomenclatura de los neumáticos

Los marcajes de los neumáticos están recogidos en el Apéndice del Reglamento (UNECE) 30 de Naciones Unidas sobre “Disposiciones uniformes para la homologación de neumáticos para los vehículos de motor y sus remolques”.

Además de las dimensiones (anchura de sección y diámetro de la llanta), aparecerán otros códigos relativos a la estructura del neumático (tipo de estructura, cámara), al uso (código de velocidad e índice de carga) y otros que identifican plenamente al neumático.

Dicho marcaje consiste en una serie de letras y números, que sirven para la identificación del tipo de cubierta y que se graban en el flanco del neumático.



Ejemplo de nomenclatura y marcas de un neumático

Pongamos por ejemplo un neumático como el de la figura de arriba cuya nomenclatura se detalla en el cuadro inferior:

215	65	R	15	89	H
Anchura sección en milímetros	Relación altura/anchura en porcentaje	Radial	Diámetro de la llanta en pulgadas (1 pulgada=2,54 cm)	Índice de carga máxima por neumático	Velocidad máx. que soporta el neumático

– **Neumático de vehículo pasajeros**

La letra P indica que el neumático es de uso para un turismo.

– **Anchura nominal de la sección**

Esta cifra muestra el ancho del perfil y las indicaciones se realizan en milímetros (ej. 205 mm). La anchura convencional de la rueda varía desde los 125 hasta los 335 mm.

– **Relación nominal de aspecto (Altura-Anchura) R_a**

Se trata de la relación entre la altura y la anchura del neumático. Un porcentaje de 65% significa que la altura del neumático es un treinta y cinco por ciento más pequeña que la anchura. Cuanto más baja sea esta proporción, más bajo es el neumático.

– **El diseño del neumático**

"R" viene de "radial". Se refiere al tipo de estructura de la carcasa, con los hilos radialmente colocados. Hasta los años 60 el neumático habitual fue el diagonal "D" o "-".

– **El diámetro de la llanta**

El diámetro de la llanta se determina diagonalmente de borde a borde de la misma. La medida se indica en pulgadas (1 pulgada = 25,4 mm).

– **El índice de carga del neumático**

El número característico para la carga máxima del neumático está representado en una lista estandarizada. Cierta carga máxima del neumático se asigna a cada valor con la correcta presión de aire dada. Ejemplo "91" = **615** kilogramos.

Índice de capacidad de carga por rueda (kg)									
Índice	Kg	Índice	Kg	Índice	Kg	Índice	Kg	Índice	Kg
81	462	86	530	91	615	96	710	101	825
82	475	87	545	92	630	97	730	102	850
83	487	88	560	93	650	98	750	103	875
84	500	89	580	94	670	99	775	104	900
85	515	90	600	95	690	100	800	105	925

– **El índice de velocidad**

Se expresa mediante una letra, que indica la velocidad máxima permitida para el tipo de neumático. Los siguientes indicadores de velocidad se asignan a la letra.

Categoría de velocidad	
Símbolo	Km/h
N	140
P	150

Q	160
R	170
S	180
T	190
H	210
V	240
Z	>240

Otras referencias y marcajes que se encuentran en los neumáticos:

- **E: Homologación Europea.** El número 9 corresponde a España otorgada por el Ministerio de Industria y Energía. El resto de números indican el reglamento (2 dígitos) y el número de orden de la homologación (resto de dígitos).
- **D.O.T.** (Department Of Transportation). Sigla que certifica que el neumático reúne los estándares de seguridad requeridos en EEUU, Canadá y Australia. A esta marca le sigue un conjunto de letras y números (12 dígitos), indicativos del fabricante, talla y **fecha de fabricación** de la cubierta, expresada por cuatro números, de los cuales los dos primeros indican la semana y los dos últimos el año
- **TWI** (Tread Wear Indicator). Muestra la posición de los indicadores de desgaste, situados en los surcos principales de la banda de rodamiento.
- **RADIAL.** Distingue la estructura radial de la cubierta.
- **TUBELESS.** Indica que es un neumático sin cámara de aire.
- **M+S.** Diseño invernal para rodar sobre nieve.
- **REINFORCED.** Cubierta robustecida para su uso en vehículos industriales.
- **MAX LOAD** indica la carga máxima en libras y la presión máxima en frío en PSI (1 lb = 0,453 kg; 1 PSI = 0,0703 bar).

2.5.10. Neumático con cubierta reconstruida

En términos generales el *neumático recauchutado* es el neumático usado que ha sido reacondicionado, cambiando únicamente la goma de la banda de rodamiento. Se admite la posibilidad de realizar pequeñas reparaciones en la estructura bajo la goma a sustituir.

Neumático renovado es un neumático recauchutado en el que han sido sustituidas total o parcialmente las lonas que forman el cinturón, bajo la banda de rodamiento.

El *regrabado* es una operación por la cual se elimina goma en el fondo de las ranuras de la banda de rodamiento de un neumático, al objeto de incrementar su profundidad.

Existen dos procedimientos claramente diferenciados de recauchutado:

En frío o de banda precurada, que consiste en la colocación sobre la carcasa usada de una banda de rodadura suministrada por los fabricantes, con los anchos acordes a los perfiles de los neumáticos que vayan a ser objeto de recauchutado. Las bandas presentan, con anterioridad a su colocación y horneado, la escultura o dibujo elegido.

En caliente o «hot cap», consistente en el desbastado de la banda de rodamiento, cepillado, colocación de telas, banda de rodadura, etc., introduciéndolo en la cámara de cocción.

Los marcajes están recogidos en el Apéndice del Reglamento (UNECE) 108 de Naciones Unidas sobre “Prescripciones uniformes relativas a la homologación de la producción de neumáticos recauchutados para los vehículos industriales y sus remolques”.

Entre el marcado, debe constar la fecha de recauchutado (semana y año) y la inscripción “Retread made in...” indicando el país donde se efectuó el procedimiento.

2.5.11. Consecuencias del mal estado de determinados componentes

Los neumáticos son el único enlace del vehículo con el firme y a través de ellos se transmiten las prestaciones de potencia, aceleración, estabilidad y frenada, por lo que la importancia en su estado de mantenimiento es fundamental en los vehículos que circulan por las carreteras.

En el caso de accidentes por anomalías en los neumáticos, requerirá un estudio detallado por parte del investigador para establecer de qué forma la lesión o fallo del neumático ha afectado al vehículo y al comportamiento del conductor.

El investigador debe ser capaz de distinguir si la anormalidad detectada se produjo antes, durante o después de la colisión. El estudio de las huellas dejadas por los neumáticos en el pavimento y la inspección del vehículo en su conjunto ayudará a establecer el momento en que se produjo la anormalidad en el neumático.

Es fundamental, que los investigadores realicen un examen detallado de los neumáticos de los vehículos implicados en el mismo lugar del accidente, prestando atención al estado de la banda de rodamiento, hombros, flancos, talones y llanta. Antes de la retirada de los vehículos debe medirse la profundidad de surco de la banda de rodamiento por medio de un calibre o un profundímetro, así como determinar la presión de inflado con un manómetro.

2.6. LA SUSPENSIÓN



2.6.1. Definición y misión

El sistema de suspensión es el encargado de controlar el comportamiento de las ruedas en contacto con el suelo, absorbiendo las vibraciones y los movimientos transmitidos durante el desplazamiento del vehículo. Los amortiguadores, son los mecanismos que proporcionan seguridad, durante la conducción, mejoran el confort de los ocupantes y finalmente, aportan estabilidad al vehículo.

2.6.2. Elementos de la suspensión

Las piezas y componentes de un sistema de suspensión se pueden subdividir en elementos elásticos, amortiguadores y estructurales.

2.6.2.1. Elementos elásticos

– Muelles

Este elemento tiene como función absorber los golpes que recibe la rueda y para ello se comprimen al recibir el peso del automóvil cuando existen imperfecciones en la carretera, y regresan a su forma original por efecto de la reacción. El muelle helicoidal, es un elemento común en el caso de suspensiones delanteras. Existen otros tipos de muelles, como los de paso variable y los cónicos, comúnmente denominados muelles de progresividad variable y ofrecen un compromiso entre el confort de los blandos y la estabilidad de los duros.

– Ballestas

Es un mecanismo compuesto por una serie de láminas de acero con forma semielíptica o plana y con propiedades elásticas, que se disponen superpuestas en longitud decreciente. En la actualidad, su uso se centra principalmente, en vehículos industriales.

– Barra de torsión

Es una barra de sección redondeada o cuadrangular, realizada en acero especial o incluso en materiales compuestos, y tanto su peso como sus dimensiones son reducidas.

La forma y colocación de la barra (uno de sus extremos en un punto rígido del vehículo y el otro en la rueda), hace que cuando la rueda se desplaza verticalmente se produzca un movimiento de pivotamiento, en torno al brazo de suspensión.

– Barra estabilizadora

Se trata, de una barra de acero colocada transversalmente y unida por sus extremos a las dos ruedas de un mismo eje. Aparte de esta unión a veces posee unos apoyos en la carrocería, que cumplen la misión basculante. De esta manera, su comportamiento es por diferencia de posición entre las ruedas y sirve para absorber la fuerza centrífuga que se genera en las curvas y solidarizar el movimiento vertical de las ruedas opuestas. Este efecto de torsión en la barra, que produce la transferencia de peso de la rueda del interior de la curva hacia la del exterior, aumenta la adherencia transversal de la rueda exterior.

– Elementos neumáticos

Son unas cápsulas herméticas rellenas de gas a presión, que poseen la facilidad de variar su grado de dureza mediante una válvula niveladora consiguiendo mejorar en determinadas circunstancias el comportamiento del sistema de la suspensión, por lo que su eficacia está muy por encima de la de cualquier muelle. Su principal uso está en los sistemas inteligentes autoniveladores y en suspensiones hidroneumáticas.

2.6.2.2. *Amortiguadores*

Tienen como misión absorber el exceso de fuerza del rebote del vehículo, es decir, eliminando los efectos oscilatorios de los elementos elásticos de la suspensión.

Los amortiguadores se pueden clasificar en diferentes tipos:

- Según su sentido de trabajo:

Amortiguadores de simple efecto (sólo amortiguan en un sentido) y amortiguadores de doble efecto (amortiguan en extensión y en compresión).

- Según el fluido de amortiguación:

Amortiguadores de gas y amortiguadores hidráulicos.

- Según el mecanismo empleado:

Mecánicos, hidráulicos y neumáticos

En la actualización se ha impuesto el uso de amortiguadores hidráulicos telescópicos, cuyo sistema está basado en la retención producida al hacer pasar un líquido con viscosidad conocida (aceite) por conductos de pequeño diámetro.

2.6.2.3. *Elementos estructurales*

Son los que sirven de sujeción y guiado de la rueda en su desplazamiento, posibilitando la actuación de la suspensión y la amortiguación. Entre ellos tenemos:

- Bieletas de empuje: Para dotar de una mayor rigidez transversal al sistema.
- Trapecios: Sirven de soporte y fijación de la rueda a la mangueta.
- Brazos articulados que permiten los movimientos verticales de la rueda.
- Tirantes: Complementos para ciertos elementos de la suspensión
- Manguetas: Son los elementos a los que van fijados la mayoría de componentes de la suspensión y dirección, así como la rueda.
- Rótulas, articulaciones y silentblocks: Utilizados para que las uniones de los elementos de la suspensión no interfieran en la transmisión del movimiento.

2.6.3. **Tipologías del sistema de suspensión**

Los siguientes tipos de suspensiones son los que habitualmente se montan en todo tipo de vehículos de motor:

- **Hidráulica.** Compuesta por una unidad hidráulica para cada una de las ruedas que fijada al chasis desempeña las funciones de los muelles y amortiguadores.
- **Oleoneumática.** Sistema mixto de elementos hidráulicos y neumáticos.

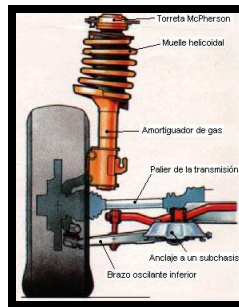
- **Neumática.** Compuesta por cojines de aire comprimido que colaboran con los elementos mecánicos, utilizada en los vehículos pesados.
- **Mecánica.** Compuesta por elementos puramente mecánicos, utilizadas normalmente en los vehículos ligeros.

Las combinaciones de elementos, según la localización del eje en el que se monta la suspensión se exponen en los dos apartados siguientes.

2.6.3.1. *Suspensiones delanteras en vehículos automóviles*

Existen, básicamente, dos tipos diferentes de suspensiones delanteras: las de **eje rígido** y las suspensiones **independientes**. En el primer caso el eje actúa de acuerdo al principio de acción y reacción al estar rígidamente unidas las ruedas al eje. Las suspensiones independientes supusieron una importante mejora y la denominación le viene dada porque cada sistema de suspensión de las ruedas es independiente el uno del otro.

- **La suspensión Mac Pherson:**



Suspensión delantera McPherson

Es un esquema de suspensión independiente muy extendido, que dota al vehículo de una gran estabilidad. Diseño en forma de columna, formada por un elemento telescópico que dispone de amortiguador y muelle (el primero dentro del segundo) sobre el mismo eje, todo ello anclado en su parte inferior mediante unos tirantes transversales. La parte superior de dicha columna se llama torreta y va anclada al chasis.

2.6.3.2. *Suspensiones traseras en vehículos automóviles*

Admiten mayores variaciones en sus configuraciones, pero las tipologías básicas son las dos anteriores a las que hay que añadir las suspensiones **semiindependientes**.

- **Suspensiones traseras de eje rígido**

Este tipo de suspensiones para vehículos de tracción trasera (incorpora el sistema de transmisión) es sencillo, robusto y su altura es fácil de modificar, arqueando ó añadiendo elásticos, o bien cambiando los amortiguadores por otros de más recorrido.

- **Suspensiones traseras de ruedas semiindependientes**

Es una variante del eje rígido, pero eliminando el sistema de transmisión y sólo se emplea en vehículos de tracción delantera. Se instala en los vehículos utilitarios, en la mayor parte de los compactos y en algunas berlinas medias. Es un esquema sencillo y de bajo coste.

- **Suspensiones traseras de ruedas independientes**

Como se ha dicho arriba, en este sistema el movimiento de cada rueda de un mismo eje es independiente respecto de la otra. Los principales beneficios de los sistemas de suspensión trasera independiente están directamente relacionados con la mejora en la estabilidad y manejabilidad pues las ruedas siempre permanecen en contacto con el piso.

2.6.4. Consecuencias del mal estado de los componentes

Las consecuencias de conducir un vehículo con amortiguadores en mal estado, son:

- Una distancia de frenado más larga.
- Los sistemas de seguridad activa como el ABS o ESP no pueden funcionar adecuadamente cuando tienen que operar con amortiguadores desgastados.
- Aumenta el riesgo de aquaplaning.
- Pérdida de estabilidad de la dirección y dificultad de controlar el vehículo en las curvas.
- Los neumáticos se desgastan de forma prematura y disminuye su adherencia.
- El nivel de confort de los ocupantes del vehículo se ve mermado, aumentando la fatiga del conductor.

El desgaste de los amortiguadores se puede detectar por:

- Un cabeceo excesivo al pisar el pedal de freno.
- Ruidos bruscos, localizados en la parte delantera o trasera.
- Con el viento lateral el vehículo va dando bandazos.
- Fugas de aceite en los amortiguadores hidráulicos
- Desgaste anormal del neumático.

2.7. LA DIRECCIÓN



Sistema de suspensión de un vehículo

2.7.1. Normativa

El punto 5 del artículo 11 del RGV, especifica que los vehículos a motor deben estar provistos de un mecanismo adecuado que permita al conductor mantener la dirección del vehículo y modificarla con facilidad, rapidez y seguridad.

En el ámbito europeo la Directiva 2009/66 CE, regula el equipo de dirección.

2.7.2. Definición y misión

La dirección es el conjunto de mecanismos, mediante los cuales pueden orientarse las ruedas directrices de un vehículo para seguir la trayectoria deseada por el conductor.

2.7.3. Tipología

Según la forma y los elementos empleados o la existencia de mecanismos especiales acoplados para transmitir el esfuerzo de giro a las ruedas, se clasifican en:

- Por **tornillo sin fin**, en el que la columna de la dirección que está roscada, al girar accionada por el volante, mueve un engranaje que arrastra todo el sistema.
- Por **tornillo y palanca**, en el que por la columna también roscada, va a moverse una palanca accionando todo el sistema.
- Por **cremallera**. En este sistema, la columna de la dirección acaba en un piñón, que hace correr una cremallera dentada que pone en movimiento el sistema.

Los vehículos modernos van dotados de dirección asistida o servodirección, empleando un sistema de circuito hidráulico o neumático.

2.7.4. Elementos de la dirección

El sistema de la dirección se compone de una serie de elementos que componen la cadena cinemática, que transmite el movimiento de giro del volante hasta las ruedas.

El sistema de la dirección consta de los siguientes elementos principales:

- Volante: Permite al conductor orientar las ruedas.
- Columna: Transmite el movimiento del volante a la caja de engranajes.
- Caja de engranajes: Sistema de desmultiplicación que reduce el esfuerzo del conductor.
- Brazo de mando: Manda el movimiento a los restantes elementos.

2.7.5. Consecuencias del mal estado de determinados componentes

- Un vagabundeo en la dirección es debido, casi siempre, a falta de avance en el pivote.
- Si se dispone de dirección asistida y chirría puede ser por falta de líquido.
- Si el volante vibra, puede ser debido a que las ruedas están desequilibradas.
- Al golpear las ruedas con violencia y repetidamente contra los bordillos o al forzar el giro al máximo sin desplazarse el vehículo, se daña la dirección.

2.8. EL SISTEMA DE FRENADO



Sistema de frenado de un vehículo

2.8.1. Normativa

El Anexo VIII del RGV se dedica a establecer una regulación mínima del dispositivo de frenado, que incluyen las funciones del dispositivo y **las categorías de vehículos y tipo de frenado que deben llevar**.

Los Reglamentos UNECE 13, 13H y 78 regulan el sistema de frenado de acuerdo con la categoría del vehículo de que se trate.

2.8.2. Definición y misión

El sistema de frenado tiene la misión de aminorar la velocidad del vehículo, llegando incluso a detenerlo a voluntad del conductor de una forma segura y con el mínimo esfuerzo, aún en caso de avería.

Cuando el conductor pisa el pedal del freno, la fuerza es llevada a la bomba del freno por medio de una varilla. Esta varilla empuja un émbolo en el interior de la bomba que desplaza el líquido de frenos a gran presión por los conductos hasta llevarlo a las ruedas.

2.8.3. Tipologías

Los sistemas principales de frenado pueden dividirse, en los tres siguientes

- Frenos de tambor o de expansión, para automóviles y vehículos ligeros.
- Frenos de disco o de compresión, para automóviles y vehículos ligeros.
- Sistema neumático de frenado en vehículos pesados.

Además, tenemos una serie de elementos auxiliares o complementarios de frenado:

- Freno de estacionamiento.
- Freno de inercia.
- Servofreno.
- Sistema antibloqueo de frenos (limitador de frenada)
- Limitador de frenada.
- Compensador de frenada

2.8.4. Elementos del sistema de frenado

2.8.4.1. Sistema de Tambor o Campana

Se denominan frenos de tambor porque la forma que adoptan es la de un tambor solidario a la rueda. Las principales piezas que conforman este sistema son:

- **Tambor de freno:** Es una carcasa solidaria a la rueda, cuya misión es soportar la fricción de las zapatas al accionar los frenos.
- **Plato de freno o portazapatas:** Dispuesto como tapadera del tambor de freno, está sujeto al brazo de suspensión incorporando todos los elementos de frenado.
- **Zapatas de freno:** Elementos curvados de fundición que llevan adosados los ferodos, que son los que realizan el contacto con el tambor del freno.

- **Resorte de recuperación:** Usado para retornar las zapatas a su lugar original, evitando que las ruedas queden frenadas.

2.8.4.2. Sistema de Disco

Constan de un disco macizo solidario a la rueda al que se acopla una pinza con dos pastillas, que son las que sufren la fricción con el disco en el momento que accionamos el pedal del freno.

El sistema de frenos de disco está constituido por los siguientes elementos:

- **Disco de Freno:** Es un disco metálico unido a la rueda, que es aprisionado por las pastillas en el momento de la frenada.
- **Pinzas de freno:** Abrazaderas encargadas de apresar las pastillas contra el disco.
- **Pastillas de freno:** Compuestas por una parte metálica y un forro de fricción.

2.8.4.3. El sistema neumático de frenado de vehículos pesados

Este sistema consiste en utilizar, para el accionamiento de los elementos frenantes de las ruedas, el aire comprimido generado por el propio motor del vehículo. Se emplea habitualmente en los vehículos pesados, que precisan potencias de frenado grandes.

Se trata de un sistema de frenos de doble circuito independiente, de forma que uno frena el eje delantero y otro el eje trasero.

Como elementos principales del sistema de frenos neumáticos tenemos el compresor, los calderines, los reguladores de presión y las válvulas.

2.8.4.4. Freno de inercia

Se emplea en remolques pequeños y consiste en aplicar, en la propia barra de tracción, el sistema de frenado del remolque.

Cuando el vehículo tractor frena, el remolque por inercia tiende a seguir aproximándose a él, momento en que la barra de tracción actúa sobre el dispositivo de frenado.

2.8.4.5. Compensador y limitador de frenada

En el momento del frenado, y por efecto de la inercia, el peso suspendido del vehículo se desplaza hacia delante. Debido a ello se ha de aplicar una mayor fuerza de frenado sobre el eje delantero, regulándose a través de un dispositivo limitador.

2.8.4.6. Retardadores o ralentizadores hidráulicos

Se coloca a la salida de la caja de velocidades. La energía del aceite circulando es la que confiere al ralentizador su potencia de frenado; es decir, no existe ningún rozamiento mecánico. El aceite, crea una resistencia al rotor que se transmite uniformemente a través del eje de transmisión, produciéndose la retención del vehículo.

2.8.4.7. Freno eléctrico

Es un freno continuo o retardador que se intercala en la transmisión del vehículo.

No existe roce entre sus elementos, ya que el resultado de frenado se produce por efecto de un campo magnético inductor, creado por un elemento fijo.

2.8.4.8. *Freno de estacionamiento*

El freno de estacionamiento o de mano, actúa sobre las ruedas traseras mediante cables totalmente independientes del circuito hidráulico, y su función es inmovilizar el vehículo cuando está parado.

2.8.4.9. *Freno de motor en el escape*

Limita el caudal de gases hacia el silencioso de escape, mediante una válvula de mariposa, frenando el desplazamiento de los pistones y, en consecuencia, del vehículo. Se debe emplear en pendientes descendentes como ayuda al sistema de frenado de servicio.

2.8.4.10. *El Servofreno*

La base del servofreno es la de aprovechar la energía que representa la depresión que existe en el colector de admisión del motor, y añadirla a la presión que ejerce el conductor en el pedal de freno, reduciendo el esfuerzo a realizar.

Consiste en un cilindro en cuyo interior hay un pistón que se desplaza debido a una diferencia de presión entre sus caras. Cuando se extrae aire por un extremo del cilindro y existe empuje de la presión atmosférica por el otro, la diferencia de presión entre ambas caras, puede aprovecharse para complementar el esfuerzo, aplicado al freno por el conductor.

2.8.4.11. *El sistema antibloqueo de ruedas (Antiblock Braking System, ABS)*

El ABS es un sistema electrónico, que en frenadas bruscas corrige automáticamente la potencia de frenado de cada rueda o de un eje, en función del nivel de adherencia disponible, evitándose el bloqueo de las ruedas y permitiendo al conductor controlar la trayectoria del vehículo, conservando al mismo tiempo la estabilidad y aprovechando la mayor eficacia del frenado compatible con el estado de la carretera.

2.8.4.12. *El programa electrónico de estabilidad (Electronic Stability Program, ESP)*

Este sistema, supervisa por medio de unos sensores colocados en las ruedas, que se sigue la dirección deseada, con el movimiento real del vehículo. Todo ello, se controla continuamente por una centralita que recibe las señales de los sensores y compara el ángulo de giro del volante con el de giro real del vehículo sobre su propio eje.

El funcionamiento del control de estabilidad prevalece sobre el de cualquier otro sistema. Así, si deben actuar simultáneamente el ABS y el ESP, este último tiene prioridad porque se entiende que es más importante asegurar la trayectoria del coche.

2.8.5. **Nuevas tecnologías en el sistema de frenado**

La entrada de la electrónica en la mecánica del automóvil ha tenido un campo abonado en el sistema de frenado. Existen distintos sistemas, con funciones diferentes pero con la misma finalidad, hacer más efectiva y eficiente la frenada convirtiéndola en una maniobra que transmite seguridad a los ocupantes de los vehículos.

Entre los principales avances tecnológicos, se encuentran el asistente a la frenada de Urgencia (BAS), la distribución electrónica de la fuerza de frenado (EBV) y el control electrónico del sistema de frenado (EBS), entre otros muchos.

2.8.6. Averías y consecuencias del mal estado de determinados componentes

El uso continuado y excesivo de los frenos puede provocar recalentamiento en los elementos de frenado y como consecuencia los problemas siguientes:

- Cristalización de las pastillas o zapatas con la consiguiente pérdida de eficacia en la frenada y generación de ruidos en los discos o tambores.
- Alabeos en tambores o discos, que causan vibraciones en las frenadas.

Si se detectan alteraciones de dureza al pisar el pedal del freno, es posible que exista aire en el circuito, que será necesario purgar. Puede deberse al mal estado del sistema de freno, el desvío de la trayectoria del vehículo al frenar

En caso de avería del ABS, u otro sistema electrónico de ayuda al frenado, estos quedan anulados, frenando el vehículo con el sistema clásico de frenos.

2.9. CAMPO DE VISIÓN DEL CONDUCTOR

Los vehículos están diseñados para permitir la máxima visibilidad del conductor. Esta exigencia de seguridad activa se ve dificultada por otras exigencias del propio diseño del vehículo (Estudios experimentales demuestran, que los pilares A de los vehículos obstaculizan el campo de visión hacia delante del conductor).

El campo de visión del conductor lo conforman las superficies acristaladas del vehículo, visión directa, y los espejos retrovisores, visión indirecta.

Además, para que en cualquier climatología y situación el campo de visión pueda ser efectivo el vehículo deberá estar provisto de dispositivos limpiaparabrisas y lavaparabrisas, de acuerdo con la reglamentación vigente y, en su caso, dispositivos antihielo y antivaho.

2.9.1. Normativa aplicable

El **artículo 11** del RGV, establece con carácter general, las condiciones técnicas que deben cumplir los vehículos de motor, para que puedan ser matriculados o puestos en circulación en España, entre las que se encuentra que:

1. Deben estar contruidos de forma que el campo de visión del conductor hacia delante, hacia la derecha y hacia la izquierda le permita una visibilidad diáfana sobre toda la vía por la que circule.
2. Deben estar provistos de uno o varios retrovisores, según la categoría del vehículo que permitan al conductor ver la circulación por detrás del vehículo

A nivel Europeo, tenemos la Directiva 77/649/CEE del Consejo, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el campo de visión del conductor de los vehículos a motor.

3. LA INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS Y LAS REFORMAS DE IMPORTANCIA



Inspección técnica de un vehículo

3.1. NORMATIVA

Fue al iniciarse la década de los ochenta cuando se acometió la reforma de los servicios de inspección técnica de vehículos en nuestro país a través del Real Decreto 3073/1980 y el posterior Real Decreto 3273/1981, así como la Orden del Ministerio de Industria y Energía de 9 de junio de 1980.

En aquel contexto, nace la Inspección Técnica de Vehículos (ITV), con una vocación marcadamente preventiva y tratando de evitar al menos los accidentes debidos a fallos mecánicos en los vehículos.

El Real Decreto 1987/1985, sobre normas generales de instalación y funcionamiento de las Estaciones ITV, determinaba el traspaso parcial de esta materia a las Comunidades Autónomas, con lo que se determinaba una doble competencia concurrente en el ámbito de las inspecciones técnicas de vehículos. Por un lado, la competencia exclusiva que el artículo 149.1.21 de la Constitución establecía a favor del Estado en materia de tráfico y circulación de vehículos a motor y que se plasma entre otras facetas, en el establecimiento de las condiciones técnicas para la circulación de vehículos, y otra correspondiente a un servicio de naturaleza ejecutiva de comprobación del cumplimiento de tales condiciones, a través de las inspecciones, y que según se ha expresado, se corresponde con los servicios y funciones en materia de inspección, traspasado a las comunidades autónomas.

El texto básico en esta materia, gran parte vigente en su redacción original, es el R. D. 2042/1994, por el que se regula la Inspección Técnica de Vehículos (en adelante, RITV), que ya afirmaba que la red de estaciones ITV a nivel nacional había hecho posible la mejora del servicio, de modo que se podía atender la demanda existente en materia de inspecciones.

Este texto que era el desarrollo reglamentario del R.D. Legislativo 339/1990, por el que se aprobaba el Texto Articulado de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, (en adelante, LTCVMSV), vio la luz cuatro años antes que el Reglamento General de Vehículos, lo que da una idea de la importancia que se atribuía a las inspecciones técnicas. Por otro lado, el RITV intentó cubrir la necesidad de aproximar nuestra legislación a la normativa europea vigente en la mayoría de los países europeos.

El R.D. 2822/1998, por el que se aprueba el RGV, en su artículo 10 establece que los vehículos matriculados o puestos en circulación deberán, una vez comprobada su identificación pasar la inspección técnica, que versará sobre las condiciones del vehículo relativas a seguridad vial, protección del medio ambiente, reformas, etc.

A su vez, el Real Decreto 833/2003, establece los requisitos técnicos que deben cumplir las estaciones de ITV, a fin de ser autorizadas para realizar esa actividad.

Finalmente, tenemos el Real Decreto 711/2006, por el que se modifican determinados R.D. relativos a la ITV y a la homologación de vehículos, y se modifica asimismo el RGV.

3.2. ANÁLISIS DE LA NORMATIVA ACTUAL

3.2.1. Obligatoriedad de la Inspección Técnica de Vehículos

El apartado 1 del artículo 2 del RITV, establece que sus preceptos se aplicarán a todos los vehículos matriculados en España, incluidos los vehículos pertenecientes a los organismos públicos, cualquiera que sea su categoría y funciones.

El apartado 3 del mismo precepto, afirma que para la exención de la obligatoriedad de la inspección, en razón de la no utilización del vehículo en vías públicas, será requisito necesario obtener la baja temporal del vehículo en la Jefatura de Tráfico correspondiente.

3.2.2. Lugar de la Inspección Técnica de Vehículos

El apartado 1 del artículo 5 del RITV, dispone que la inspección se realice en una estación ITV expresamente autorizada a tal fin por el órgano competente de la Comunidad Autónoma. El siguiente apartado abunda en la materia, al decir que en aquellos territorios extra peninsulares donde no exista una estación ITV, la inspección podrá efectuarse utilizando cualquier otro medio expresamente autorizado por el órgano competente de la C.A.

3.2.3. Inspección por haber realizado reformas de importancia

El artículo 5 de Real Decreto 736/1988, por el que se regula la tramitación de reformas de importancia de vehículos de carretera, dispone, que el titular de un vehículo que haya sufrido una reforma de importancia está obligado a presentar el mismo a inspección técnica, en el plazo máximo de una semana después de la realización de la misma, aportando el certificado del taller que efectuó la reforma o el certificado de ejecución de obra.

El órgano de la Administración competente en materia de industria efectuará la inspección técnica del vehículo reformado, al objeto de comprobar la correcta ejecución de la reforma mediante el cumplimiento de los requisitos reglamentarios y si el vehículo cumple las condiciones exigidas para circular por las vías públicas.

Si del resultado de la inspección se apreciase que la reforma ha sido realizada defectuosamente, en tal grado que la utilización del vehículo constituyese un peligro, para sus ocupantes o demás usuarios de la vía, se retendrá la tarjeta ITV y se expedirá certificación negativa, de la que se remitirá un ejemplar a la Jefatura Provincial de Tráfico.

3.2.4. Inspección de vehículos accidentados

El RITV, establece en su artículo 6.5, según la redacción dada por el RGV y el RD 2822/1998 que lo aprueba, que todo vehículo que haya sufrido, como consecuencia de un

accidente u otra causa, un daño importante que pueda afectar a algún elemento de seguridad de los sistemas de dirección, suspensión, transmisión o frenado, o al bastidor o estructura autoportante en los puntos de anclaje de alguno de estos órganos, deberá ser presentado a inspección antes de su nueva puesta en circulación, en la que se dictamine sobre la aptitud del vehículo para circular por las vías públicas. El agente de la autoridad encargado de la vigilancia del tráfico que realice el informe y atestado, será quien proponga la inspección del vehículo antes de su puesta en servicio después de la reparación.

3.2.5. Intervención del permiso de circulación

Hasta mayo de 2010, en los casos de incumplimiento de lo ordenado en materia de inspecciones periódicas, los agentes de la autoridad encargados de la vigilancia del tráfico, sin perjuicio de la denuncia a formular por las infracciones correspondientes, intervenían el permiso de circulación del vehículo, entregando en su sustitución un volante que habilitaba al titular del vehículo a continuar el viaje y proceder a su traslado para someter el vehículo a la ITV en un plazo de diez días. En la actualidad, y según lo dispuesto en la Instrucción 10/V-80 S-113 de la DGT, ya no se interviene el Permiso de Circulación y únicamente se formula la oportuna denuncia, entregando al conductor el volante con la información legal reseñada.

3.3. RESULTADO DE LA INSPECCIÓN

Si la inspección es favorable, se hará constar así en la tarjeta de ITV. Además se entregará un adhesivo identificativo que debe colocarse en un lugar visible -en el parabrisas si es un turismo-. En el caso de las motocicletas, existen en las ITV adhesivos exteriores. En dicho adhesivo figura el mes y el año hasta el que está en vigor la inspección pasada.

Si la Inspección es favorable con defecto leve, el proceso será el mismo que en el caso anterior. Además en el informe que se entrega al propietario, o quien lo represente, se recomienda subsanar el defecto en el menor tiempo posible.

Si la inspección desfavorable, la estación de ITV retendrá la Tarjeta de Inspección Técnica. De este modo, el vehículo queda inhabilitado para circular, a excepción del traslado al taller y el regreso a la ITV. Según dispone el artículo 11 del RITV, el plazo para subsanar el problema es inferior a dos meses, y la extensión concreta se determinará teniendo en cuenta la naturaleza de los defectos observados.

Si la inspección es negativa, como consecuencia de que las deficiencias observadas en el vehículo son muy graves y por tanto constituyen un peligro para sus ocupantes y demás usuarios de la vía pública, entonces a la inspección se la califica de negativa. En este supuesto, el eventual traslado del vehículo desde la estación ITV hasta su destino se realizará por medios ajenos al propio vehículo.

En todos los casos, la relación de defectos observados en la inspección deberá ser certificada en el informe oficial a que se refiere el artículo 13 de este Real Decreto.

4. INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE DISCOS DIAGRAMAS DEL TACÓGRAFO



Tacógrafos analógicos y digitales

Es indudable que las aplicaciones del tacógrafo, juegan un papel decisivo en la reconstrucción y esclarecimiento de aquellos accidentes de tráfico, en los que han intervenido vehículos equipados con dicho elemento.

Este veterano instrumento (más de 10 millones de vehículos equipan tacógrafos en todo el mundo), registra toda actividad y suceso, por pequeño que sea, la hora en que sucedió y en qué lugar ha ocurrido. Todo de la forma más objetiva, precisa y segura.

4.1. DESCRIPCIÓN DE UN TACÓGRAFO

El tacógrafo es un equipo de control, encargado de registrar una serie de parámetros relacionados con la actividad del conductor y del vehículo. Estos datos se pueden diferenciar en dos tipos: los contemplados por la legislación, que son los que obligatoriamente tiene que registrar todo tacógrafo, y los destinados a la gestión del vehículo/flota.

4.1.1. Funciones de un tacógrafo

En la propia definición se puede establecer la función del tacógrafo, pero principalmente, y contemplado el Reglamento CEE 3821/85, sus funciones son las siguientes:

Para tacógrafo analógico.

1. Registrar velocidad del vehículo (km/h. o millas/h.)
2. Registrar distancia recorrida del vehículo (km ó millas)
3. Registrar tiempos de conducción, trabajo y descanso del conductor/es.

Para tacógrafo digital.

1. Registrar
2. Almacenar
3. Visualizar
4. Imprimir
5. Enviar datos relacionados con las actividades del conductor.

A parte de estas funciones, se le pueden añadir registros adicionales (consumos del vehículo, puesta en marcha de equipos adicionales, etc.), además de otros basados en el diseño del propio aparato (revoluciones, tiempos de trabajo del 2º conductor, etc.), registros que están destinados a la gestión de la explotación del vehículo.

La filosofía de la implantación de este equipo de control tiene los siguientes fines:

- Seguridad vial.
- Mejora de las condiciones de trabajo de los conductores.
- Fijar las reglas para una libre competencia en el transporte por carretera.

4.1.2. Definición de tacógrafo

La totalidad del aparato destinado a ser instalado en vehículos de carretera, para indicar, registrar y almacenar automática o semiautomáticamente datos acerca de la marcha de dichos vehículos y de determinados tiempos de trabajo de sus conductores. Dicho aparato incluye cables, sensores, un dispositivo de almacenamiento electrónico de información relativa al conductor, uno o dos lectores de tarjetas de conductor con memoria, una impresora integrada o externa, instrumentos de visualización, dispositivos para transferir datos, así como un dispositivo para introducir los lugares de inicio y final del período de trabajo diario.

Unidad intravehicular

El aparato de control, excepto el sensor de movimientos y los cables que conectan dicho sensor. Puede tratarse de una sola unidad o de varias unidades repartidas por el vehículo, siempre que cumplan los requisitos de seguridad.

Memoria

Sistema de almacenamiento electrónico, incorporado en el aparato de control, capaz de almacenar los datos correspondientes a un mínimo de 365 días civiles del aparato de control. Deberá estar protegida de manera que se prohíba el acceso a la misma a terceros no autorizados y se excluya la manipulación de la información.

Constante del aparato de control

La característica numérica que da el valor de la señal de entrada necesaria para obtener la indicación y el registro de una distancia recorrida en 1 km; dicha constante deberá expresarse, bien en revoluciones por kilómetro ($k = \dots \text{ rev/km}$), bien en impulsos por kilómetro ($k = \dots \text{ imp/km}$).

Circunferencia efectiva de los neumáticos de las ruedas:

La media de las distancias recorridas por cada una de las ruedas que arrastran el vehículo (ruedas motrices) al realizar una rotación completa; la medida de dichas distancias deberá hacerse en condiciones normales de ensayo, y se expresará en la forma " $L = \dots$ mm.", en su caso, podrá basarse la medida de estas distancias en un cálculo teórico que tenga en cuenta el reparto del peso máximo autorizado sobre los ejes.

Coefficiente característico del vehículo

La característica numérica que da el valor de la señal de salida emitida por la pieza prevista en el vehículo para su conexión con el aparato de control (toma de salida de la caja de cambio en algunos casos, rueda del vehículo en otros casos), cuando el vehículo recorre la distancia de 1 km, en condiciones normales de ensayo; el coeficiente característico se expresa en revoluciones por kilómetro ($W = \dots \text{ rev/km}$) o en impulsos por kilómetro ($W = \dots \text{ imp/km}$).

Tarjeta de conductor (con memoria)

Un dispositivo extraíble de transferencia y almacenamiento de información que las autoridades de los Estados miembros asignarán a cada conductor con el fin de identificarlo y de registrar datos esenciales; el formato y las especificaciones técnicas de la tarjeta de conductor (con memoria) se ajustarán a los requisitos del capítulo IV del presente anexo

Tarjeta de control (con memoria)

Un dispositivo extraíble de transferencia y almacenamiento de datos, que se utilizará en el lector de tarjetas del aparato de control, asignado por las autoridades de los Estados miembros a las autoridades competentes para que tengan acceso a la información almacenada en la memoria o en las tarjetas de conductor a efectos de su lectura, impresión o transferencia.

Día civil

Un día comprendido entre las 0.00 y las 24.00 horas. Todos los días se referirán al tiempo universal coordinado.

Calibrado

La actualización o confirmación de parámetros del vehículo que van a guardarse en la memoria. Dichos parámetros incluyen la identificación del vehículo (VIN, VRN y Estado miembro donde se matriculó) y sus características (W , K , L , tamaño de los neumáticos, valor de ajuste del dispositivo limitador de velocidad (en su caso), hora real correspondiente al tiempo universal coordinado, lectura actual del cuentakilómetros).

4.1.3. Vehículos obligados a utilizar el tacógrafo

Se instalará y utilizará en los vehículos destinados al transporte por carretera:

- a) de mercancías, cuando la masa máxima autorizada de los vehículos, incluido cualquier remolque o semirremolque, sea superior a 3,5 toneladas, o
- b) de viajeros en vehículos fabricados o adaptados de forma permanente para transportar a más de nueve personas, incluido el conductor

Se aplicará, con independencia del país en que esté matriculado el vehículo, al transporte por carretera que se efectúe:

- a) exclusivamente dentro de la Comunidad Europea, o
- b) entre la Comunidad, Suiza y los países que sean parte contratante del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo.
 - Realicen transporte público o privado.
 - Españoles y extranjeros.

- Transporten carga o circulen vacíos.

Excepciones

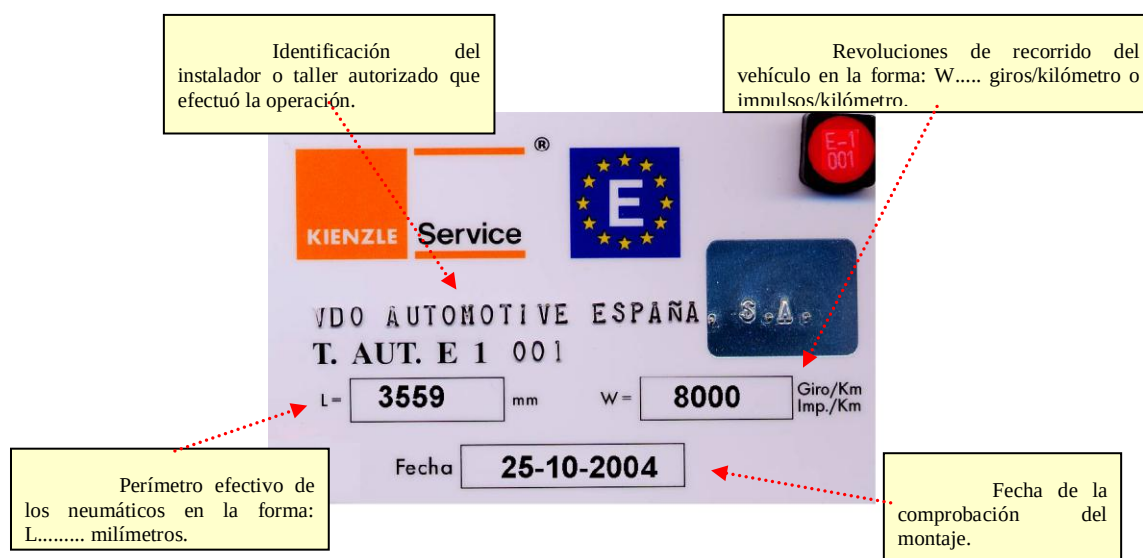
Están exceptuados entre otros, de la obligación a instalar tacógrafo los:

- 1). Vehículos destinados al transporte de mercancías cuyo peso máximo autorizado, incluido el de remolques o semirremolques, no supere las 3,5 Tm.
- 2). Vehículos destinados al transporte de viajeros que, por su tipo de construcción, pueden transportar a nueve personas como máximo, incluido el conductor.
- 3). Vehículos destinados al transporte de viajeros en servicios regulares cuando el trayecto del servicio de que se trate no supere los 50 kilómetros;
- 4). Vehículos cuya velocidad máxima autorizada no supere los 40 km/hora;
- 5). Vehículos utilizados para el transporte no comercial de ayuda humanitaria, casos de urgencia o destinados a operaciones de salvamento;
- 6). Vehículos especiales utilizados con fines médicos;
- 7). Vehículos especializados en la reparación de averías cuyo radio de acción sea de 100 kilómetros alrededor de su centro de explotación;
- 8). Vehículos que circulen exclusivamente en islas cuya superficie no supere los 1.500 kilómetros cuadrados y que no estén unidas al resto del territorio nacional por ningún puente, vado o túnel abierto a los vehículos de motor;
- 9). Vehículos especiales que transporten material de circo y atracciones de feria;
- 10). Vehículos utilizados exclusivamente en vías comprendidas en instalaciones como puertos, terminales de transporte combinado y terminales ferroviarias.

4.1.4. Instalación de la placa de montaje

Una vez efectuada la instalación del tacógrafo en el vehículo, así como siempre que se realice un nuevo control sobre el mismo, se colocará de forma bien visible una placa de montaje, con los siguientes datos:

- Identificación del instalador o taller autorizado que efectuó la operación,
- Fecha de la comprobación del montaje,
- Perímetro de los neumáticos, y
- Revoluciones de recorrido del vehículo



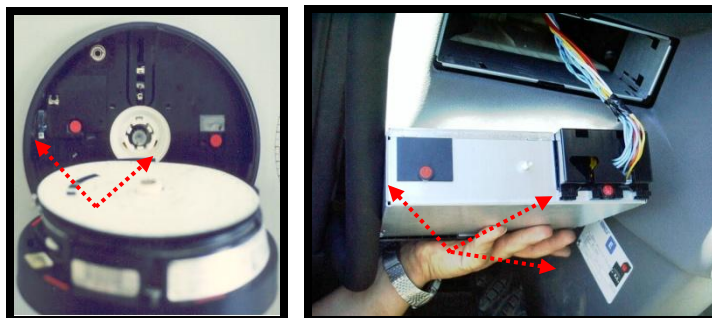
Placa de montaje de un tacógrafo

Los controles periódicos de los tacógrafos, tendrán lugar al menos cada dos años y se podrán efectuar, entre otros, en el marco de las inspecciones de los vehículos.

4.1.5. Precintos

El fabricante o importador de tacógrafos y sus talleres autorizados, o bien el fabricante o importador de vehículos y sus concesionarios autorizados, Deben precintar los siguientes elementos del tacógrafo:

- a) La placa de montaje, excepto si está colocada de tal modo que no pueda quitarse sin destruir las indicaciones.
- b) Los extremos de la unión entre el aparato de control y el vehículo.
- c) El adaptador propiamente dicho y su inserción en el circuito.
- d) El dispositivo de conmutación para los vehículos con varias relaciones de puente.
- e) Las fundas previstas para proteger contra la humedad y el polvo las partes internas del aparato.
- f) Cualquier cubierta que de acceso a los medios de adaptación de la constante del aparato de control al coeficiente característico del vehículo



Precintos de los tacógrafos

4.2. TIPOS DE TACÓGRAFOS ANALÓGICOS

Existe un gran número de modelos de tacógrafos, pero se pueden diferenciar, atendiendo a dos características principales:

- Por la información que reciba de la caja de cambios del vehículo.
- Por la forma de registrar en los discos diagramas.

4.2.1. Tacógrafos según la información que reciben de la caja de cambios

4.2.1.1. Tacógrafos mecánicos

Son los que reciben la señal de la caja de cambios a través de una sirga y una caja adaptadora de forma mecánica.

Funcionamiento.

La sirga transmite el movimiento de giro de la caja de cambios al tacógrafo, y éste mediante una serie de mecanismos internos, traduce estos giros al movimiento de la aguja de velocidad, los grabadores de velocidad y recorrido, así como al tambor totalizador de km.

También algunos modelos de tacógrafos mecánicos pueden registrar las revoluciones del motor mediante otra transmisión independiente, para transmitir los giros y hacer que las correspondientes agujas y grabadores traduzcan estos giros a la grabación en el disco.

La transmisión de la señal de velocidad para un tacógrafo mecánico, se realiza a través de los siguientes elementos:

Sirga: es un cable flexible que gira dentro de una camisa con cubierta plástica y alma metálica y transmite los giros desde la caja de cambios del vehículo al tacógrafo.

Caja adaptadora: elemento que consta de una serie de piñones que transforman la velocidad de giro de salida de la caja de cambios para adaptarla a la constante k del tacógrafo.

4.2.1.2. Tacógrafos electrónicos

Los tacógrafos electrónicos reciben una señal generada por un emisor de impulsos a través de los giros de la caja de cambios. En todos los casos, esta señal de impulsos eléctricos se transmite por medio de un cable eléctrico que una placa electrónica (placa de velocidad) traduce para producir los desplazamientos de agujas, grabadores y tambor totalizador de km. por medio de servo-motores comandados por la placa de velocidad.

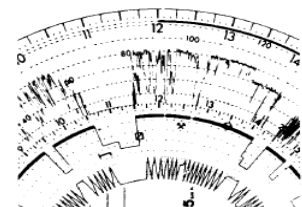
Al igual que en los tacógrafos mecánicos, los grupos de tiempos funcionan mecánicamente en los modelos estándar y a través de un servo-motor en los automáticos.

Una diferencia importante de funcionamiento entre los tacógrafos mecánicos y electrónicos, es que los mecánicos tienen una relación entre los giros que reciben y la velocidad/recorrido que indican que es constante ($k=1000$ giros/km) y sin embargo los electrónicos tienen una relación variable. En el segundo caso, se ajusta la constante del tacógrafo para que sea la misma que la del vehículo.

4.2.2. Tacógrafos según la forma de registrar en los discos

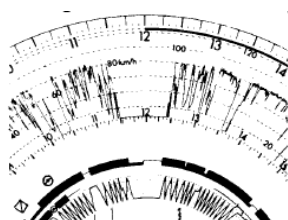
Los grupos de tiempos, que son los registros de conducción, trabajo, descanso y disposición del conductor, se controlan con la botonera correspondiente, de tal forma que el conductor indica al tacógrafo la actividad que está realizando. En modelos fabricados anteriormente a la publicación del Reglamento de CEE 3314/90, la actividad de conducción había que indicarla con dicha botonera, pero ya en los nuevos modelos este proceso se realiza automáticamente cuando el vehículo se pone en movimiento.

Por esta diferencia, los tacógrafos con cambio automático a conducción desde otra actividad, se denominan tacógrafos “automáticos”, y los que este cambio hay que hacerlo manualmente se denominan tacógrafos “estándar”.



Registro de un tacógrafo estándar

El tacógrafo **estándar** realiza el registro del grupo de tiempos en cuatro escalones claramente diferenciados, debiendo ser el conductor quien accione la botonera cada vez que cambie de actividad. Aunque se haya olvidado accionar el botón, la conducción es reconocible, ya que el trazo realizado en esta actividad es más grueso que en las otras.



Registro de tacógrafo automático

El tacógrafo **automático**, se caracteriza por realizar el registro del grupo de tiempos en una sola línea continua con un grueso de línea para cada actividad. Este tacógrafo se distingue del estándar en que su botonera carece de la posición de tiempo de conducción, registrándose este tiempo de forma automática, cuando el vehículo se pone en movimiento.

Por otra parte, los grabadores de las actividades del conductor, tienen dos sistemas diferentes de funcionamiento, dependiendo de sí se trata de tacógrafos estándar o automáticos. En el primer caso, el grupo de tiempos trabaja mecánicamente. Al girar el botón de mando el grabador cambia de posición realizando la grabación en el lugar del disco destinado a la misma. En el segundo caso, el grupo de tiempos funciona a través de un motor, que dependiendo de la posición del botón de mando realiza un recorrido mayor o menor.

4.2.3. Representación de los bloques de tiempos

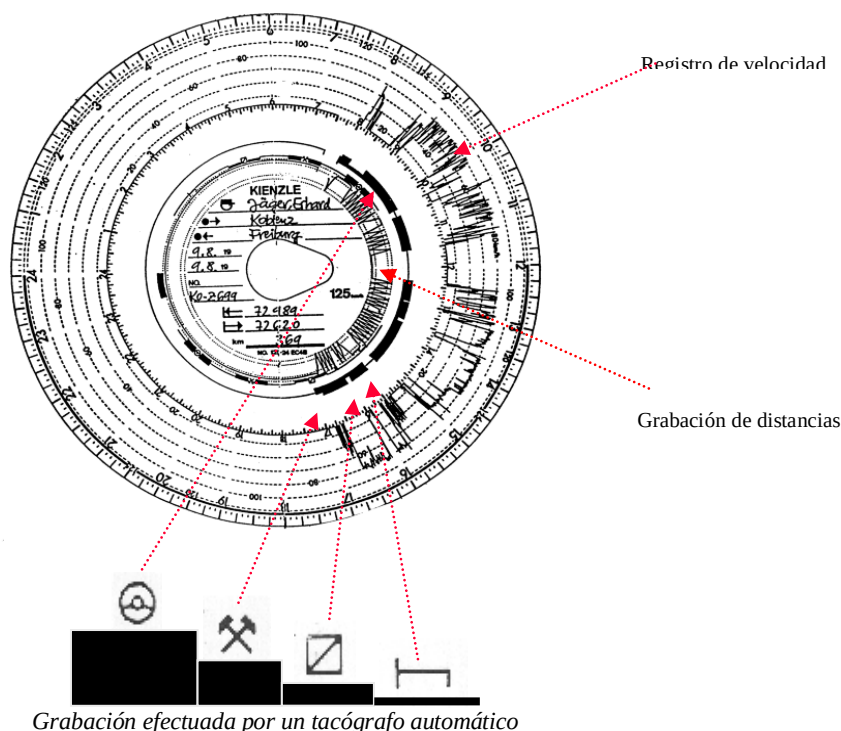
Los conductores, accionan los dispositivos de conmutación que permitan registrar por separado y de modo diferenciado los siguientes periodos de tiempo:

- a. Con este símbolo: el tiempo de conducción

- b. Con este signo: los demás tiempos de trabajo.

- c. Con esta figura: el tiempo de disponibilidad. A saber:
 - El de espera, es decir, el período durante el cual no están obligados a permanecer en su puesto de trabajo, excepto para responder a posibles llamadas con objeto de emprender la conducción o realizar otros trabajos.
 - El que permanezcan al lado de otro conductor durante la marcha del vehículo.
 - El en que se encuentren en una litera durante la marcha del vehículo.
- d. Con este: las interrupciones de la conducción y períodos de descanso diario.


Los Estados miembros, podrán autorizar que en los vehículos matriculados en su territorio, los períodos de demás tiempos de trabajo, se registren con el símbolo de tiempo de disponibilidad (como así ocurre en España).



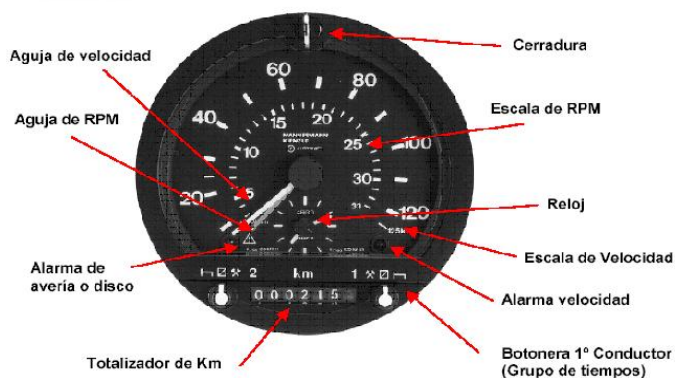
Los Estados miembros, podrán autorizar que en los vehículos matriculados en su territorio, los períodos de demás tiempos de trabajo, se registren con el símbolo de tiempo de disponibilidad (como así ocurre en España).

4.2.4. Construcción básica de los tacógrafos

La construcción básica de los tacógrafos analógicos puede dividirse en tres secciones:

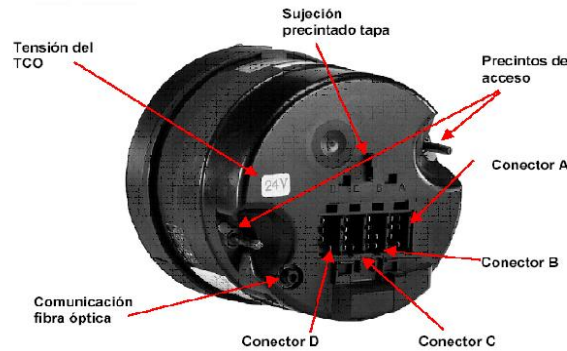
La caja frontal, contiene todas las piezas visibles por el conductor: velocímetro, reloj, odómetro, un cierre en la parte superior y una sección con bisagras en la inferior.

En la parte posterior del dial de velocidades, está el mecanismo de reloj controlado por cristales de cuarzo que controla el reloj de 12 horas de la parte frontal y el de 24 horas requerido para el disco. Esta caja frontal también contiene las bombillas de iluminación del panel, la luz de avería y la alarma de velocidad.



Vista frontal de un tacógrafo analógico

La caja trasera contiene, la toma de bayoneta para la transmisión mecánica (tacógrafo mecánico) o la conexión del emisor de impulsos (tacógrafo electrónico), tomas de corriente del reloj y del contacto del tacógrafo electrónicos, ya que el funcionamiento interno de los mecánicos es mediante un sistema de tracción giratoria.

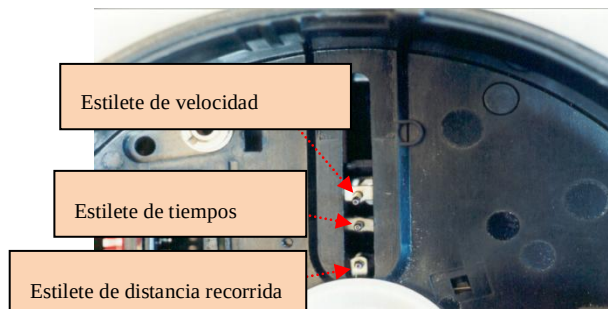


Vista posterior de un tacógrafo analógico

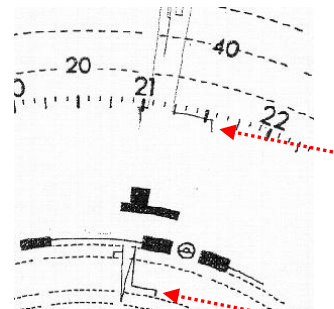
4.2.5. Dispositivos indicadores y de registro

Entre los dispositivos indicadores tenemos el velocímetro, el cuentarrevoluciones, el reloj y el totalizador de kilómetros.

Los dispositivos de registro obligatorios, son el estilete de velocidad, el de distancia recorrida y el de actividades del conductor o también llamado grupo de tiempos, y siempre serán automáticos (independientemente del tipo de tacógrafo analógico) los registros de distancia recorrida, velocidad y apertura de la caja.



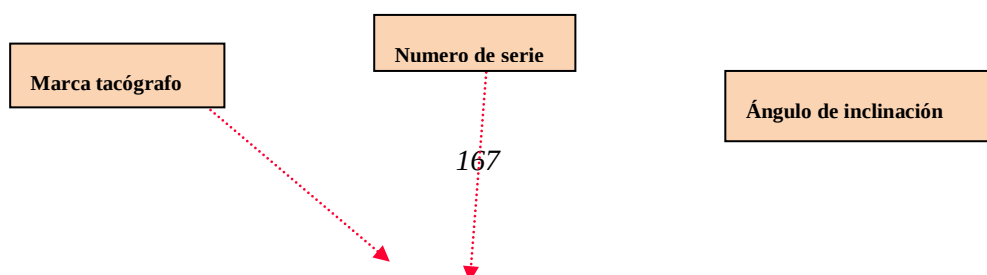
Dispositivos de registro obligatorios



Marcas de apertura de la tapa

4.2.6. Placa descriptiva

Los tacógrafos disponen de una placa descriptiva (con distinta ubicación según el fabricante), donde se reflejan los **datos identificativos** del mismo que son los siguientes:





En la placa descriptiva de los tacógrafos mecánicos debe aparecer el dato del ángulo de inclinación.

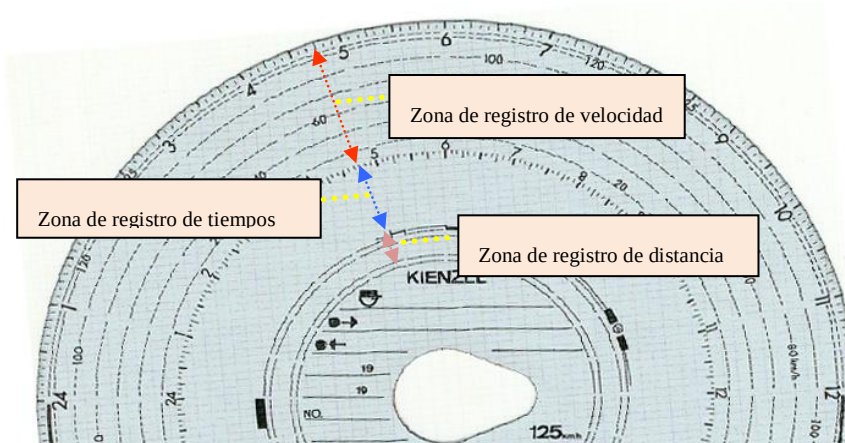
4.3. DISCOS DIAGRAMAS

Los tacógrafos analógicos, utilizan para la grabación de los registros obligatorios anteriormente definidos, unas hojas de registro, denominadas **discos diagrama**, que están compuestos de un soporte de papel fuerte, recubierto de una película especial de carbón y una capa de cera especial (parafina), sobre la que las puntas de zafiro o acero de los estiletos del tacógrafo graban trazos finos que resaltan por contraste.

La capacidad mínima de registro de las hojas, sea cual fuere su forma, deberá ser de veinticuatro horas y deberán llevar impresa, por lo menos una escala de tiempo graduada de tal modo que permita la lectura directa del tiempo en intervalos de 15 minutos y una fácil determinación de los intervalos en 5 minutos.

Los registros obtenidos deben ser indelebles e identificables claramente, y en condiciones normales de conservación, deberán ser legibles durante al menos un año.

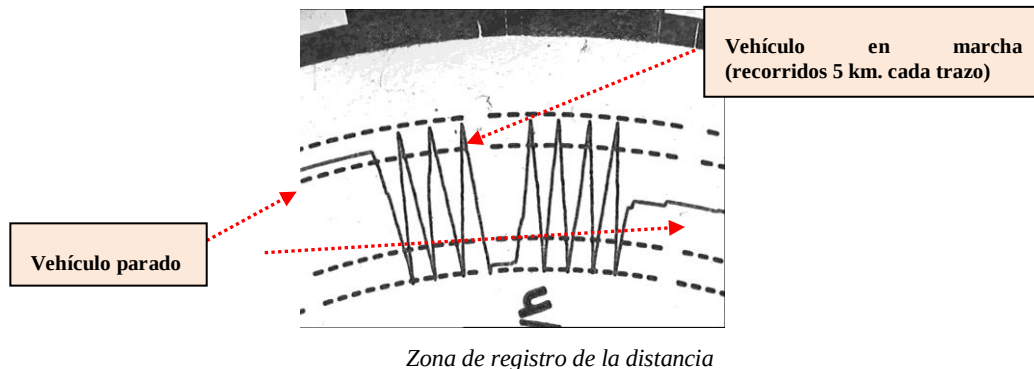
4.3.1. Zonas de registro de los discos diagramas



Disco diagrama de un tacógrafo

4.3.1.1. Zona de registro de la distancia recorrida

El estilete registra, en función del tiempo, las distancias recorridas por el vehículo, que son totalizadas por el contador kilométrico (odómetro). Cada subida o descenso del estilete corresponde a 5 km. recorridos (10 km por cada vértice completo), mientras que los periodos en que el vehículo se encuentra parado, son indicados por medio de un trazo concéntrico al disco, en la zona más interna del mismo.

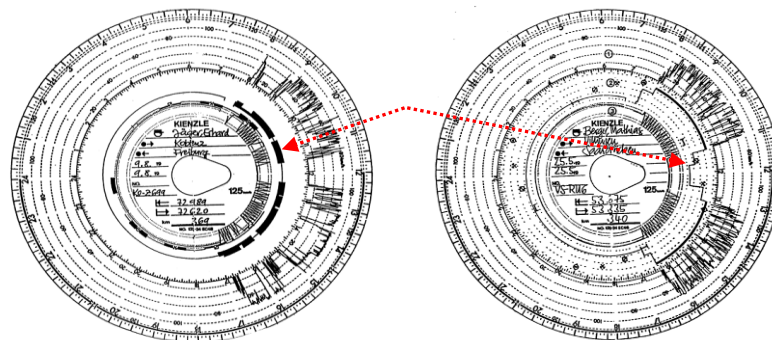


La distancia total registrada sobre el disco, debe corresponder a la diferencia indicada por el totalizador kilométrico entre el final y el inicio del recorrido (distancia que debe ser escrita en el campo central del disco).

4.3.1.2. Zona de registro de los tiempos

Siguiendo a la franja de registro de la distancia y hacia el exterior del disco, nos encontramos, una zona que se utiliza para el registro de las indicaciones relativas a los tiempos de conducción, a los demás tiempos de trabajo y a los tiempos de disponibilidad, así como a las interrupciones del trabajo y al descanso de los conductores.

Dependiendo de si la grabación es automática o estándar, en el primer caso se graba siempre sobre la misma pista, diferenciando la actividad por medio de grosores, y en el segundo caso, la grabación se efectúa por medio de diferentes pistas.



4.3.1.3. Zona de registro de la velocidad

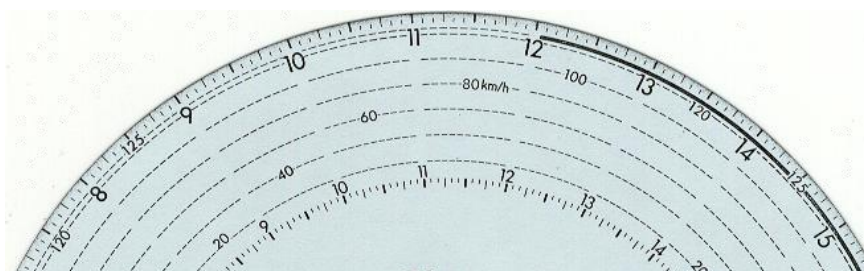
La zona de velocidad, está determinada por las líneas concéntricas que permiten situar los valores de las velocidades instantáneas del vehículo.

La marca efectuada por el estilete del registro de la velocidad será básicamente recta y perpendicular al sentido del desplazamiento del diagrama:

- Hacia el exterior, marca las arrancadas y aceleraciones
- Hacia el interior las frenadas y deceleraciones

La zona reservada para el registro de la velocidad, deberá estar subdividida en tramos de 20 en 20 km/h, y la velocidad correspondiente deberá estar indicada en cifras en cada línea de dicha subdivisión. El símbolo Km/h deberá figurar por lo menos una vez en dicha zona.

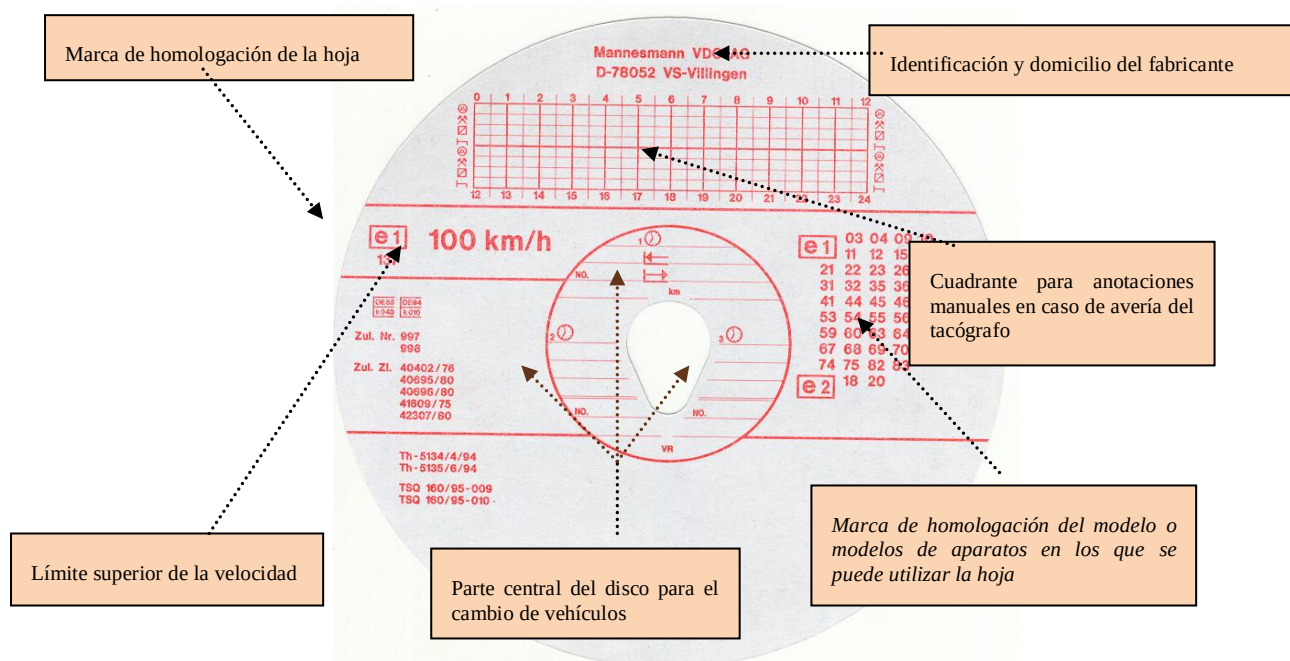
Finalmente, la última línea exterior de dicha zona, deberá coincidir con el límite superior del margen de medida.



Zona de registro de la velocidad

4.3.2. Indicaciones impresas en los discos diagramas

Todo disco diagrama debe de llevar impresas las siguientes indicaciones en su reverso:



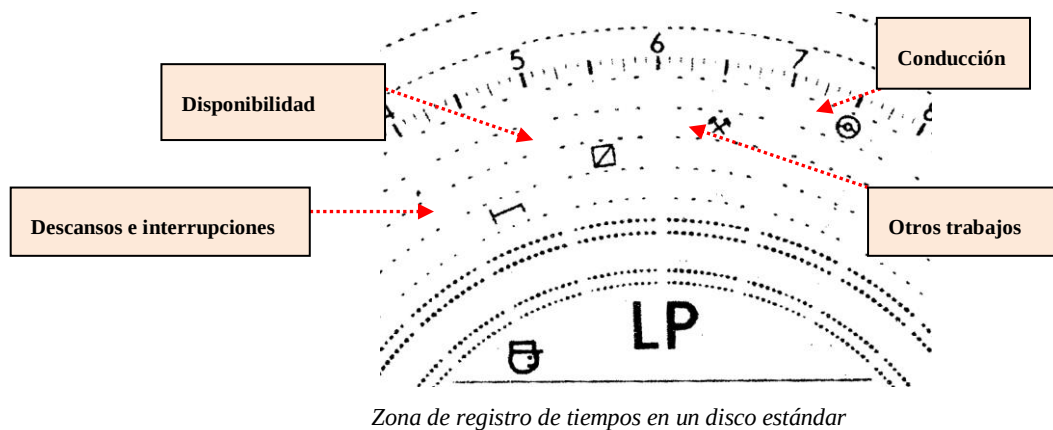
Indicaciones del reverso del disco diagrama

4.3.3. Clases de discos

Los tacógrafos pueden registrar las grabaciones en los discos diagramas de forma **estándar** (grabación por pistas) o de forma **automática** (grabación por grosores), por lo que existen tres tipos de discos diagrama.

4.3.3.1. Disco estándar

Los discos estándar, tienen impresas en la zona de grabación de los tiempos cuatro pistas, relativas a las cuatro actividades del conductor. Estos discos solamente pueden ser utilizados en tacógrafos de grabación estándar.



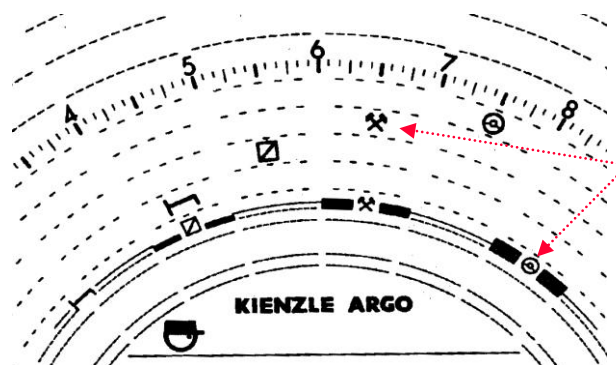
Zona de registro de tiempos en un disco estándar

4.3.3.2. Disco automático

Los discos automáticos, en la zona de grabación de los tiempos, en lugar de pistas, tienen una franja, en la que el estilete graba con distintos grosores las actividades del conductor, así como en la parte más interna de dicha franja, tienen una muestra de las actividades y los grosores de grabación que les corresponden (ver figura 34). Estos discos solamente pueden ser utilizados en tacógrafos de grabación automática.

4.3.3.3. Disco combinado

Existen discos combinados, los cuales pueden ser utilizados indistintamente por tacógrafos automáticos o estándar. Estos discos, en la zona de grabación de actividades del conductor, tienen impresas las cuatro pistas para grabación estándar, así como la línea o automática.



Zona de registro de tiempos en un disco combinado

4.3.4. Adecuación de los discos al tacógrafo

Para que el disco diagrama u hoja de registro sea válida para el tacógrafo del vehículo en el cual va a ser utilizado, hay que tener que:

- El disco diagrama esté homologado.
- La marca de homologación del tacógrafo (que figura en su placa descriptiva), figure en el reverso del disco diagrama.
- La velocidad máxima del tacógrafo y de registro del disco, sean las mismas.

4.3.5. Datos a cumplimentar por el conductor en el disco

Antes de comenzar su jornada de trabajo, el conductor del vehículo debe anotar en el espacio destinado a tal fin del anverso del disco, los siguientes datos:

- Nombre y apellido del conductor
- Localidad de inicio del viaje
- Fecha de colocación del disco
- Matrícula del vehículo
- Kilómetros del odómetro al inicio del viaje

Una vez finalizada la jornada laboral, el conductor debe acabar la cumplimentación del disco, añadiendo los siguientes datos:

- Fecha de retirada del disco
- Kilómetros del odómetro al finalizar la jornada, y finalmente
- Kilómetros totales recorridos

4.3.6. Tacógrafos para dos conductores

En los vehículos para cuyo servicio se utilizan dos conductores, los registros de tiempo de conducción, otros tiempos de trabajo, presencia en el puesto (disponibilidad) y descanso e interrupciones a la conducción, se efectuarán en dos discos diagramas separados y correspondientes a cada conductor. En este caso el avance de los dos discos se efectuará por el mismo dispositivo o por dos dispositivos sincronizados.

El primer conductor es la persona que tiene a su cargo el vehículo o está en disposición de conducir el mismo, mientras que el segundo es el otro u otros miembros de la tripulación.

173



Tacógrafo para dos conductores (la tapa central separa ambos discos)

Para poder determinar en un disco, cuando un conductor ha estado de primer o segundo conductor, debemos observar los registros efectuados por los estiletes. En el periodo de tiempo que ha estado de primer conductor, siempre aparecerán los registros de velocidad, tiempos y distancia recorrida, tanto con vehículo en marcha como en parado. En cambio, cuando el mismo conductor ha estado de segundo conductor en el mismo disco diagrama, solamente nos aparecerán registradas las actividades del conductor.

4.3.6.2. Tacógrafos digitales

En los vehículos que utilizan un tacógrafo digital, los registros de tiempo de conducción, otros tiempos de trabajo, tiempos de presencia en el puesto (disponibilidad) y tiempos de descanso e interrupciones a la conducción, se efectuarán en dos tarjetas separadas de conductor, correspondientes a los diversos miembros.

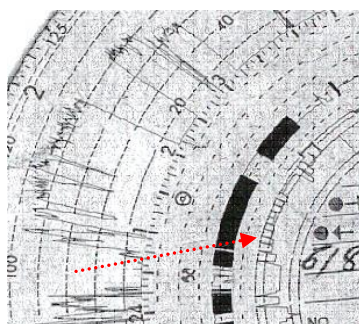


Colocación de las tarjetas de primer conductor (izquierda) y segundo conductor (derecha) en el tacógrafo digital

4.3.7. Averías del tacógrafo

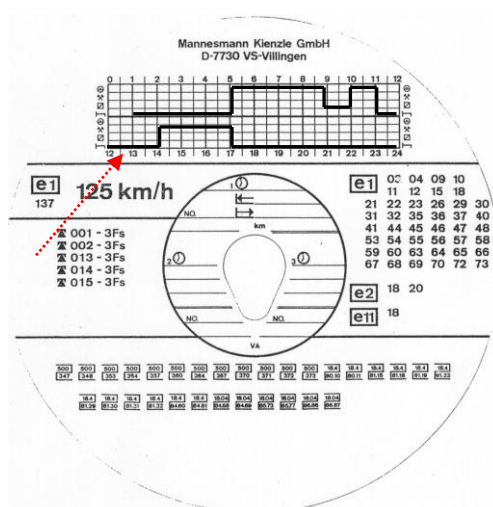
En caso de avería o funcionamiento defectuoso del aparato, el empresario deberá hacerlo reparar, por un taller autorizado, tan pronto como las circunstancias lo permitan.

Si el regreso a su base, únicamente pudiere efectuarse después de un período superior a una semana a partir del día de la avería o de la comprobación del funcionamiento defectuoso, la reparación deberá ser efectuada en el camino.



Disco diagrama con el estilete de distancia recorrida averiado

Durante el período de funcionamiento defectuoso del aparato, el conductor deberá indicar los datos relativos a los bloques de tiempos, en la medida en que no los registre correctamente el aparato, en el cuadrante destinado a tal fin en el reverso de otras hojas de registro, que deberán adjuntarse al disco del tacógrafo.



Reverso de un disco con las anotaciones efectuadas

4.4. TACÓGRAFOS DIGITALES

Los aparatos de control digitales sirven para registrar, almacenar, visualizar, imprimir y enviar datos relacionados con las actividades del conductor y del vehículo.

- Almacenan la información tanto en la memoria del aparato, como en la tarjeta del conductor.
- Muestran la información a través de la pantalla.
- Imprimen la información almacenada, por medio de una impresora.
- Permiten la descarga de los datos almacenados a través de medios externos.

El tacógrafo digital se compone de una unidad intravehicular, cables y un sensor de movimientos.

La unidad intravehicular incluye una unidad de proceso, una memoria de datos, un reloj en tiempo real, dos dispositivos de interfaz para tarjeta inteligente (conductor y segundo conductor), impresora, pantalla, avisador luminoso, conector de calibrado/transferencia y mandos para la entrada de datos por parte del usuario.

4.4.1. Condiciones de funcionamiento

El aparato de control tiene cuatro modos de funcionamiento, dependiendo del tipo de tarjeta introducida en la unidad intravehicular: modo operativo, modo de control, modo de calibrado y modo de empresa.

4.4.2. Funciones generales de los tacógrafos

El aparato de control deberá garantizar las funciones siguientes:

4.4.2.1. Control de la inserción y extracción de las tarjetas

El aparato de control supervisará los dispositivos de interfaz para detectar la inserción de las tarjetas, identificando si la misma es válida y a que tipo pertenece.

La liberación de las tarjetas de tacógrafo sólo deberá ser posible con el vehículo parado y después de haberse almacenado en ellas los datos pertinentes. La extracción de la tarjeta exigirá la intervención directa del usuario.

4.4.2.2. Medición de la distancia y velocidad

Medición de la distancia recorrida

La distancia recorrida podrá medirse:

- bien de forma que se incluyan los movimientos en marcha adelante y en marcha atrás,
- bien de forma que se incluyan solamente los movimientos en marcha adelante.

El aparato de control deberá medir la distancia entre 0 y 9.999.999,9 km.

La distancia medida estará comprendida entre los siguientes límites de tolerancia (distancias de al menos 1.000 metros):

- ± 2 % después de la instalación y de un control periódico,
- ± 4 % durante el uso.

Medición de la velocidad

La función de medición de la velocidad indicará si el vehículo está en movimiento o parado. Se considerará que el vehículo está en movimiento en cuanto la función, a través del sensor de movimiento, detecte más de 1 imp/seg durante al menos 5 segundos. De lo contrario, se considerará que el vehículo está parado.

El aparato de control deberá medir la velocidad entre 0 y 220 km/h.

Debe de garantizar una tolerancia máxima de ± 6 km/h para la indicación de la velocidad, teniendo en cuenta:

- una tolerancia de ± 2 km/h para posibles variaciones de los valores de entrada (variaciones de los neumáticos),
- una tolerancia de ± 1 km/h en las mediciones realizadas durante la instalación o en los controles periódicos,

El aparato de control deberá medir la velocidad con una tolerancia de ± 1 km/h (a velocidad constante), para velocidades entre 20 y 180 km/h y para coeficientes característicos del vehículo entre 4.000 y 25.000 imp/km.

4.4.2.3. *Medición de la hora*

Esta función deberá medir de forma continua y expresar digitalmente la fecha y la hora correspondientes al tiempo universal coordinado (UTC).

A fin de visualizar la hora local, existirá la posibilidad de cambiar el desfase de la hora indicada, en incrementos de media hora.

La desviación de la hora en condiciones de homologación del modelo será de ± 2 segundos por día.

4.4.2.4. *Supervisión de las actividades del conductor*

Esta función deberá poder controlar permanentemente y por separado las actividades del primer y segundo conductor.

Las actividades pueden ser **conducción, trabajo, disponibilidad o pausa/descanso**, de las cuales las tres últimas deberán poder ser seleccionadas manualmente por el conductor.

Cuando el vehículo esté en movimiento, el aparato seleccionará automáticamente la actividad de conducción para el conductor y de disponibilidad para el segundo conductor.

Cuando el vehículo se detenga, se seleccionará automáticamente la actividad de trabajo para el conductor, la cual podrá ser cambiada por el mismo antes de hayan transcurrido 2 minutos.

Esta función también deberá controlar permanentemente el tiempo de conducción continua y el tiempo de descanso acumulado del conductor.

4.4.2.5. *Supervisión del régimen de conducción*

Esta función deberá controlar permanentemente el régimen de conducción.

Si hay dos tarjetas de conductor insertadas en el aparato, habrá que seleccionar el régimen en equipo. De otro modo se seleccionará el régimen en solitario.

4.4.2.6. *Entradas manuales de los conductores*

Lugares donde comienzan o terminan los períodos de trabajo diarios

Estos datos deben poderse introducir sin necesidad de la tarjeta o en otros momentos que no sea al insertar o extraer la tarjeta.

Se entiende por lugares el país y, en el caso del Estado Español, la región.

En el momento de extraer la tarjeta del conductor (o la tarjeta del centro de ensayo), el aparato de control deberá pedir al conductor (o segundo conductor) que introduzca el lugar donde termina el período de trabajo diario.

Actividades del conductor

Al introducir la tarjeta del conductor (o la del centro de ensayo), y exclusivamente en ese momento, el aparato de control deberá:

- recordar al titular de la tarjeta la fecha y hora en que extrajo la tarjeta por última vez,
- y pedir al titular de la tarjeta que especifique si la inserción actual de la tarjeta representa una continuación del período de trabajo de ese día.

Condiciones específicas

El aparato de control permitirá que el conductor introduzca en tiempo real las dos condiciones específicas siguientes:

- Fuera de ámbito (comienzo y final)
- Trayecto en transbordador/tren.

4.4.2.7. Supervisión de las actividades de control

Esta función supervisa las actividades de visualización, impresión y transferencia de la unidad y de la tarjeta que se lleven a cabo en el modo de control.

Esta función también supervisa las actividades de control del exceso de velocidad en el modo de control. Se entenderá que se ha producido un control del exceso de velocidad cuando, se haya enviado la señal de exceso de velocidad a la impresora o a la pantalla, o cuando la memoria de datos haya transferido datos sobre incidentes y fallos.

4.4.2.8. Detección de incidentes o fallos

Esta función detecta los siguientes incidentes o fallos:

Detección de incidentes

Esta función detecta diversos incidentes como la inserción de una tarjeta no válida, el conflicto de tarjetas (por insertarse una combinación incompatible de tarjetas de diverso tipo), la conducción sin tarjeta adecuada en el tacógrafo, los excesos de velocidad, el intento de violación de la seguridad o un solapamiento temporal (conflicto con la hora de retirada y de inserción de la tarjeta).

Detección de fallos

Esta función detecta fallos de funcionamiento de tarjetas o de los componentes del aparato de control (incluida la pantalla, impresora o en la transferencia de datos).

4.4.2.9. Registro y almacenamiento de datos en la memoria

La memoria deberá ser capaz de mantener los datos almacenados durante al menos 365 días y cuando se agote la capacidad de almacenamiento, los datos más antiguos se sustituirán por otros nuevos.

Datos de identificación de la unidad intravehicular

El aparato de control deberá ser capaz de almacenar en su memoria los datos de identificación de la unidad intravehicular.

Datos de identificación del sensor de movimiento

La unidad intravehicular y el sensor de movimiento deberán ser capaces de almacenar en sus memorias los datos de identificación del propio sensor.

Datos de inserción y extracción de la tarjeta del conductor

Por cada ciclo de inserción y extracción de una tarjeta del conductor o una tarjeta del centro de ensayo, el aparato de control deberá registrar y almacenar en su memoria diversa información, como la identificación del titular de la tarjeta, los datos de la tarjeta y del vehículo, así como los registros horarios de inserción y extracción de la tarjeta.

Datos sobre la actividad del conductor

Cada vez que cambie la actividad del conductor o el régimen de conducción, o cada vez que se inserte o extraiga una tarjeta de conductor o una tarjeta del centro de ensayo, el aparato de control deberá registrar y almacenar en su memoria el régimen de conducción, la ranura ocupada y estado de la tarjeta insertada, la actividad que se está realizando y la fecha y hora del cambio.

Lugares donde comienzan o terminan los periodos de trabajo diarios

Cada vez que un (segundo) conductor introduzca el lugar donde comienza o termina un período de trabajo diario, el aparato de control deberá registrar y almacenar en su memoria la información sobre la tarjeta, fecha y hora, país y región y lectura del odómetro.

Datos del cuentakilómetros

Cada día civil a medianoche, el aparato de control deberá registrar en su memoria la lectura del cuentakilómetros del vehículo y la fecha correspondiente.

Datos pormenorizados sobre la velocidad

Para cada segundo de al menos las 24 horas que haya estado el vehículo en movimiento, el aparato de control deberá registrar y almacenar en su memoria la velocidad instantánea del vehículo y la fecha y hora correspondientes.

Datos de calibrado

Referentes al aparato de control y al sensor de movimiento.

Datos de ajuste de la hora

El aparato de control deberá registrar y almacenar en su memoria::

- la última ocasión en que se ajustó la hora,
- los 5 casos en que la corrección fuera mayor, desde el último calibrado, realizado en el modo de calibrado y fuera del marco de un calibrado regular.

Datos sobre actividades de control

El aparato de control deberá registrar y almacenar en su memoria los siguientes datos correspondientes a las 20 actividades de control más recientes:

- fecha y hora del control,

- número de la tarjeta de control y Estado miembro que haya expedido la tarjeta,
- tipo de control (visualización, impresión o transferencia de los datos).

Datos sobre condiciones específicas

El aparato de control deberá registrar en su memoria los siguientes datos correspondientes a condiciones específicas:

- fecha y hora de la entrada,
- tipo de condición específica.

4.4.2.10. Lectura de datos de la memoria

El aparato de control debe ser capaz de leer todos los datos almacenados en su memoria que se han reseñado en el punto anterior.

4.4.2.11. Lectura de las tarjetas de tacógrafo

El aparato de control deberá ser capaz de leer las tarjetas de tacógrafo con el fin de obtener, cuando proceda, los datos necesarios para:

- identificar el tipo de tarjeta, su titular, el anterior vehículo empleado, la fecha y hora en que se retiró la tarjeta por última vez y la actividad seleccionada entonces,
- comprobar que la última sesión de la tarjeta se cerró correctamente,
- calcular el tiempo de conducción continua del conductor, su tiempos de descanso acumulado y de conducción acumulados durante la semana anterior y la actual,
- imprimir, previa solicitud, los datos registrados en una tarjeta de conductor,
- transferir a medios externos la información contenida en una tarjeta de conductor.

4.4.2.12. Visualización

La pantalla estará siempre encendida cuando el vehículo esté en movimiento y deberá incluir al menos 20 caracteres, que tendrán un tamaño mínimo de 5 mm de alto y 3,5 de ancho.

El aparato de control deberá ser capaz de mostrar en pantalla:

- los datos por defecto,
- los datos relacionados con advertencias,
- los datos relacionados con el acceso a los menús,
- otros datos que solicite un usuario.

El aparato de control también podrá mostrar en pantalla otras informaciones, siempre que puedan distinguirse claramente de las arriba exigidas.

Contenido de la pantalla por defecto

Cuando no sea necesario mostrar otra información, el aparato de control deberá presentar en pantalla, por defecto, los datos siguientes:

- la hora local
- el modo de funcionamiento,
- la actividad actual del conductor y la del segundo conductor,

- información relativa al conductor:
 - si su actividad actual es **conducción**, el tiempo de conducción continua y el tiempo de descanso acumulado hasta ese momento,
 - si su actividad actual **no es conducción**, la duración actual de su actividad (desde que la seleccionara) y el tiempo de descanso acumulado hasta ese momento,
- información relativa al segundo conductor:
 - la duración actual de su actividad (desde que la seleccionara).

La presentación en pantalla de los datos relativos a cada conductor será clara, sencilla e inequívoca. Si no fuera posible mostrar en pantalla simultáneamente la información relativa al conductor y al segundo conductor, deberá enseñar por defecto la información relativa al conductor.

Visualización de advertencias

Para las advertencias que muestre en pantalla el aparato de control, se utilizarán principalmente los pictogramas, completados cuando sea necesario por información adicional codificada en forma numérica. También se podrá añadir una descripción literal de la advertencia en el idioma que prefiera el conductor.

Otras informaciones en pantalla

Deberá ser posible mostrar en pantalla, de manera selectiva y a voluntad:

- la fecha y la hora correspondientes al tiempo universal coordinado,
- el modo de funcionamiento (si no aparece por defecto),
- el tiempo de conducción continua y descanso acumulado del conductor,
- el tiempo de conducción continua y descanso acumulado del segundo conductor,
- el tiempo de conducción acumulado del conductor de la semana anterior y la actual,
- el tiempo de conducción acumulado del segundo conductor de la semana anterior y la actual,
- el contenido de cualquiera de los seis documentos impresos, con el mismo formato que el propio documento.

Si el aparato de control permitiese visualizar la lectura del cuentakilómetros y la velocidad del vehículo, en su pantalla deberán figurar:

- junto a la cifra que indica la distancia, la unidad de medida, indicada mediante la abreviatura "km",
- junto a la cifra que indica la velocidad, su unidad de medida: la abreviatura "km/h" o en su caso "mph", si midiese la velocidad en millas por hora.

4.4.2.13. Impresión

El aparato de control deberá ser capaz de imprimir la información almacenada en su memoria o en las tarjetas de tacógrafo.

Habrà al menos seis tipos de documentos de impresión:

- diaria de las actividades del conductor almacenadas en la tarjeta,
- diaria de las mismas actividades almacenadas en la unidad intravehicular,

- incidentes y fallos almacenados en la tarjeta,
- incidentes y fallos almacenados en la unidad intravehicular,
- datos técnicos,
- excesos de velocidad.

Las impresoras estarán diseñadas, de tal forma que faciliten los documentos impresos, con la definición necesaria para evitar ambigüedades en la lectura y que estos sean legibles e identificables durante al menos un año.

4.4.2.14. *Advertencias*

Deberá avisar visualmente y optativamente de forma acústica cuando detecte algún incidente o fallo (incluido la superación del tiempo de conducción continuo).

Las señales de advertencia visuales deberán ser perfectamente reconocibles para el usuario, estarán ubicadas dentro del campo de visión del conductor y podrán leerse claramente tanto de día como de noche.

El motivo de la advertencia se indicará en la pantalla del aparato de control y permanecerá visible hasta que el usuario la confirme, mediante una tecla o comando.

4.4.2.15. *Ajuste de la hora*

La función de ajuste de la hora deberá permitir el ajuste de la hora actual en incrementos de 1 minuto como máximo, en intervalos no inferiores a 7 días. En el modo de calibrado del aparato, el ajuste se podrá efectuar sin limitaciones.

4.4.2.16. *Inscripciones*

Cada uno de los componentes del aparato de control deberá llevar una placa descriptiva, en la que deben figurar al menos el nombre o el logotipo del fabricante y el número de pieza del aparato de control.

4.4.3. Pictogramas

El tacógrafo digital podrá utilizar una serie de pictogramas y combinaciones de estos, tanto para cualquier indicación o advertencia en la pantalla, como para la impresión en los documentos.

4.4.3.1. Pictogramas básicos

• <u>REFERENTES AL APARATO</u>					
	VEHÍCULO		IMPRESORA		FUENTE ALIMENTACIÓN
	TARJETA		PANTALLA		RANURA 1º CONDUCTOR
	RELOJ		NEUMÁTICOS		RANURA 2º CONDUCTOR
• <u>REFERENTES A LAS PERSONAS</u>			• <u>REFERENTES A LAS ACTIVIDADES</u>		
	EMPRESA		TALLER		DISPONIBILIDAD
	CONDUCTOR		FABRICANTE		TRABAJO
	CONTROLADOR				PAUSA
• <u>REFERENTES A LOS CALIFICADORES</u>			• <u>DIVERSOS</u>		
24h	DIARIO		DESDE O HASTA		INCIDENTES
	SEMANA		BISEMANAL		LUGAR
• <u>CONDICIONES ESPECIFICAS</u>					
OUT	FUERA DE ÁMBITO		FERRY		SEGURIDAD
					INICIO
					INDETERMINADO
					CONDUCCIÓN
					DESCANSO

Pictogramas básicos del tacógrafo digital

4.5. ZONAS DE REGISTRO DE LAS HOJAS IMPRESAS

Cada documento impreso en los tacógrafos digitales es una concatenación de varios **bloques de datos**, reconocidos por un identificador de bloque.

Un bloque de datos contiene uno o más **registros**, identificados con un identificador de registro.

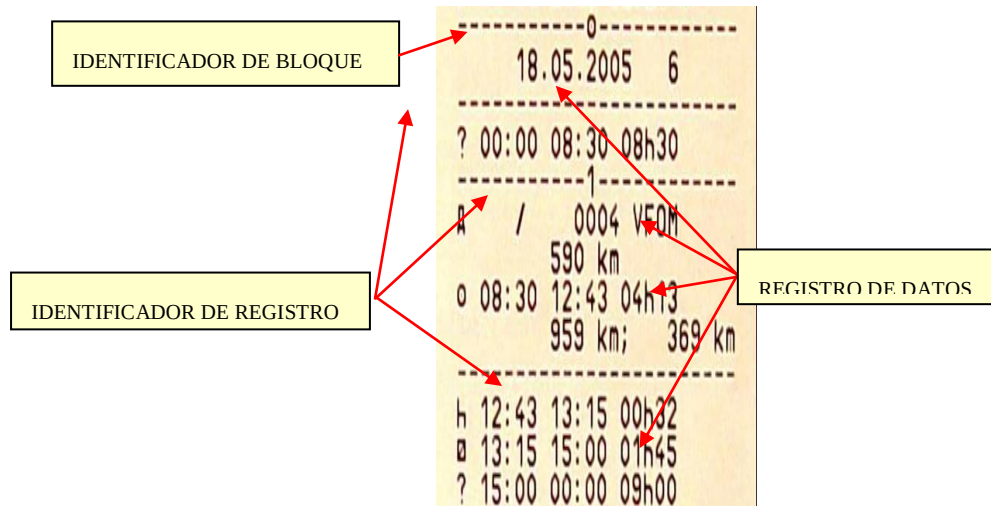
Cuando un identificador de bloque precede inmediatamente a un identificador de registro, este no se imprime.

Cuando una unidad de información se desconoce o no debe imprimirse por motivos relacionados con los derechos de acceso a los datos, en su lugar se imprimen espacios.

Si el contenido de una línea entera es desconocido o no tiene que imprimirse, se omite toda la línea.

Los campos de datos numéricos se imprimen alineados a la derecha, con un espacio como separador de las unidades de millar y de millón, y sin ceros a la izquierda.

Los campos de datos en cadena se imprimen alineados a la izquierda. Cuando es preciso (en nombres y direcciones), se rellenan con espacios hasta alcanzar la longitud de la unidad de información, o bien se truncan para no sobrepasar dicha longitud.



Documento impreso por un tacógrafo digital

4.6. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DE LAS TARJETAS DEL TACÓGRAFO

4.6.1. Concepto de tarjeta de tacógrafos digitales

Las tarjetas de tacógrafo comunican al aparato de control la identidad (o el grupo de identidad) del titular y permiten la transferencia y el almacenamiento de datos. Sus condiciones de fabricación, funcionamiento, homologación y expedición se encuentran recogidas en el anexo I B del Reglamento (CEE) 3821/85 (modificado por el Reglamento 1360/2002).

La memoria de la tarjeta del conductor deberá ser capaz de mantener almacenados, durante al menos 28 días los datos sobre la actividad del conductor.

4.6.2. Clases de tarjetas de tacógrafo

Las tarjetas de tacógrafo pueden ser de los siguientes tipos:

La **tarjeta de conductor** es una tarjeta de tacógrafo asignada por la autoridad competente a conductores individuales, que identifica a éstos y permite almacenar datos sobre su actividad.



Tarjeta de conductor

La **tarjeta de empresa** es una tarjeta de tacógrafo asignada por la autoridad competente al titular o arrendatario de vehículos provistos de tacógrafo digital. Identifica a la empresa y permite visualizar, transferir e imprimir la información almacenada en el aparato o aparatos de control instalados en los vehículos de la empresa.



T

arjeta de empresa

La **tarjeta de control** es la tarjeta asignada al personal de la Inspección de Transporte por Carretera u otros órganos de control y de las fuerzas y cuerpos de seguridad encargados de la vigilancia y control del transporte por carretera. Identifica al agente de control y el organismo al que pertenece, y permite acceder a la información almacenada a efectos de su lectura, impresión o transferencia.



Tarjeta de control

La **tarjeta de centro de ensayo** es una tarjeta de tacógrafo asignada por la autoridad competente a un fabricante de tacógrafos digitales, a un instalador, a un fabricante de vehículos o a un centro, debidamente autorizados. Identifica al titular y permite o bien probar y activar o bien probar, activar, calibrar y transferir datos al tacógrafo digital.



Tarjeta de centro de ensayo

4.6.3. Compatibilidad de titularidad de tarjetas

El titular de una tarjeta de conductor, podrá ser titular de una o varias tarjetas de empresa, pero no podrá ser titular de tarjetas de centro de ensayo ni de control.

El titular de una tarjeta de empresa podrá, en su caso, ser titular de una tarjeta de conductor, pero no podrá ser titular de tarjetas de centro de ensayo ni de tarjeta de control.

El titular de una tarjeta de centro de ensayo no podrá ser titular de tarjeta de conductor, de tarjeta de empresa ni de tarjeta de control.

El titular de una tarjeta de control no podrá ser titular de tarjeta de conductor, de tarjeta de empresa ni de tarjeta de centro de ensayo.

4.6.4. Contenido, características y plazo de validez de las tarjetas de conductor

Para la conducción de vehículos dotados de tacógrafo digital a que hace referencia el anexo I B del Reglamento (CEE) número 3821/85, (modificado por el Reglamento 561/2006), relativo al aparato de control en el sector de los transportes por carretera, será preciso contar con la correspondiente tarjeta de conductor, cuando éste se encuentre sujeto a lo dispuesto en el Real Decreto 640/2007, por el que se establecen excepciones a la

obligatoriedad de las normas sobre tiempos de conducción y descanso y el uso del tacógrafo en el transporte por carretera.

La tarjeta de conductor, con una validez de cinco años, tendrá carácter personal y no podrá ser objeto, durante su plazo de validez, de retirada o suspensión bajo ningún concepto, a menos que se compruebe que ha sido falsificada, que el conductor utiliza una tarjeta de la que no es titular o que se ha obtenido con declaraciones falsas o documentos falsificados.

4.6.5. Condiciones de fabricación de las tarjetas

4.6.5.1. Datos visibles

El anverso de la tarjeta de tacógrafo contendrá la mención «Tarjeta del conductor» o «Tarjeta de control» o «Tarjeta del centro de ensayo» o «Tarjeta de la empresa», en caracteres grandes, en la lengua o lenguas oficiales del Estado miembro que expida la tarjeta, figurando esa mención en las demás lenguas oficiales de la Comunidad, impresas como fondo de la tarjeta.

El nombre del Estado miembro que expida la tarjeta (opcional).

El distintivo del Estado miembro que expida la tarjeta, impreso en negativo en un rectángulo azul rodeado de doce estrellas amarillas.

Las tarjetas deberán imprimirse con los siguientes colores de fondo predominantes:

- tarjeta del conductor: blanco,
- tarjeta de control: azul,
- tarjeta del centro de ensayo: rojo,
- tarjeta de la empresa: amarillo.

Las tarjetas de tacógrafo deberán reunir al menos las siguientes características de protección contra intentos de falsificación y manipulación:

- un fondo con diseño de seguridad, fondo labrado e impresión en arco iris,
- la fotografía y el fondo con diseño de seguridad deberán solaparse,
- al menos una línea de microimpresión bicolor.

4.6.5.2. Tarjeta del conductor

La tarjeta del conductor deberá ser capaz de almacenar los siguientes datos:

Identificación de la tarjeta

- número de tarjeta,
- nombre del Estado y autoridad que expiden la tarjeta, fecha de expedición,
- fecha de comienzo de validez de la tarjeta y fecha de caducidad de la tarjeta.

Identificación del titular de la tarjeta

- Apellido(s) y nombre del titular,
- Fecha de nacimiento,
- Idioma preferido.
- Información sobre el permiso de conducir

- Datos sobre vehículos empleados
- Datos sobre la actividad del conductor
- Lugares donde comienzan o terminan los períodos de trabajo diarios
- Datos sobre incidentes
- Datos sobre fallos
- Datos sobre actividades de control
- Datos de la sesión

4.6.5.3. *Tarjeta de control*

La tarjeta de control deberá ser capaz de almacenar los siguientes datos:

Identificación de la tarjeta

- número de tarjeta,
- nombre del Estado y de la autoridad que expiden la tarjeta, fecha de expedición,
- fecha de comienzo de validez y fecha de caducidad de la tarjeta (en su caso).

Identificación del titular de la tarjeta

- Nombre del organismo de control,
- Dirección del organismo de control,
- Apellido(s) y nombre del titular,
- Idioma preferido.
- Fecha y hora del control,
- Tipo de control (visualización, impresión o transferencia de los datos),
- Período transferido (en su caso),
- VRN y autoridad del Estado miembro donde se matriculó el vehículo controlado,
- Número de tarjeta y Estado que haya expedido la tarjeta de conductor que se controla.

4.7. **IMPORTANCIA DEL TACÓGRAFO EN LA INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES**

4.7.1. **Introducción**

La información obtenida del disco diagrama y de los tacógrafos digitales, relativa a un accidente de circulación, es fielmente representativa y muy precisa de determinadas circunstancias relacionadas con el mismo, incluidas las acciones efectuadas por el conductor tanto en momentos anteriores al accidente, como durante su desarrollo, por lo que es enormemente importante para el investigador/reconstructor de accidentes.

4.7.2. **El disco diagrama en la investigación**

Las declaraciones de los testigos oculares de un accidente de circulación, son un factor muy importante para la investigación de los casos de accidentes, aunque en determinados aspectos como son la determinación de la velocidad de los vehículos implicados, el comportamiento de sus conductores o si realizaron maniobras evasivas y en que momento, son generalmente erróneas debido diversos factores (percepción subjetiva, posición, calidad del testigo, etc.).

No cabe duda que la incorporación del tacógrafo como instrumento de trabajo, en los procesos de investigación de accidentes de Tráfico, supuso un importante avance, que aunque no exento de limitaciones, se tradujo en las siguientes ventajas:

- Fidelidad de testimonio, ausencia de subjetividad.
- Información instantánea y permanente.
- Información precisa de la velocidad en el instante del accidente.
- Determinación del periodo de conducción.
- Reproductividad del soporte.
- Permite la reconstrucción de los hechos, estudiando simultáneamente el disco diagrama, la fotografía y el croquis.
- Facilita en general el aseguramiento de la prueba, que podrá ser reproducido o mostrado en el Juicio Oral.

El método más sencillo y rápido para valorar un disco diagrama, es la apreciación visual de los datos registrados en el mismo de un vistazo. Para el estudio en profundidad del disco, en la actualidad se dispone de varios medios: el lector con lupa, la utilización de medios informáticos (escáner y programas informáticos de procesamiento de imágenes) y finalmente, el uso de un microscopio apoyado por medios informáticos.

4.7.3. Uso de la lupa lector en el estudio del disco

Fue el primer método utilizado para el estudio de los discos y aun hoy, se sigue usando por parte de muchas policías encargadas de la investigación de accidentes de tráfico. Una de sus ventajas a la hora de interpretar los datos del disco diagrama, es la inclusión de una plantilla de medición de tiempos, que facilita mucho esa operación.

Sigue siendo el mejor método para la lectura general del disco, así como del total de distancias y actividades.



Lupa de mesa con plantilla de medición de tiempos

Con este método, también es posible determinar, aunque no siempre con total precisión, la velocidad del vehículo en el momento de producirse el impacto, al apreciarse el punto de impacto del estilete de la velocidad sobre el disco.

La exactitud de las mediciones obtenidas con este método está garantizada, dependiendo la misma eso sí, del estado del disco diagrama y en mayor medida, de la práctica y experiencia del investigador.

4.7.4. Utilización de medios informáticos

Lo primera labor, consiste en digitalizar la imagen del disco, por medio de un escáner, debiendo realizarse esta operación a la máxima resolución posible.

Una vez tenemos la imagen, debemos tratarla con un programa de procesamiento de imágenes, con el cual y una vez mejorados sus niveles (contraste, brillo...), podemos ampliar la zona donde se encuentran los datos registrados durante el accidente y analizarlos para obtener las distancias recorridas y la velocidad de circulación en los momentos previos y durante el accidente.

La exactitud de las mediciones no está totalmente garantizada, existiendo minúsculas diferencias debidas a la digitalización del formato de papel, que deberán ser corroboradas con el original.

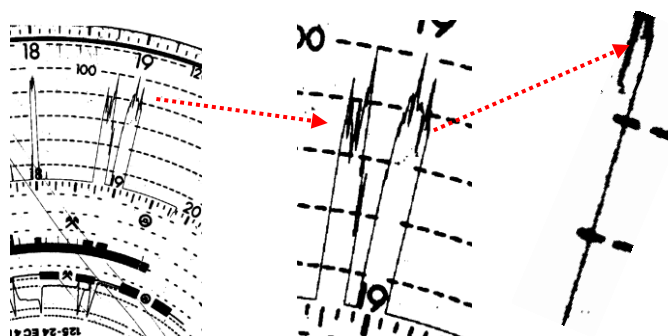
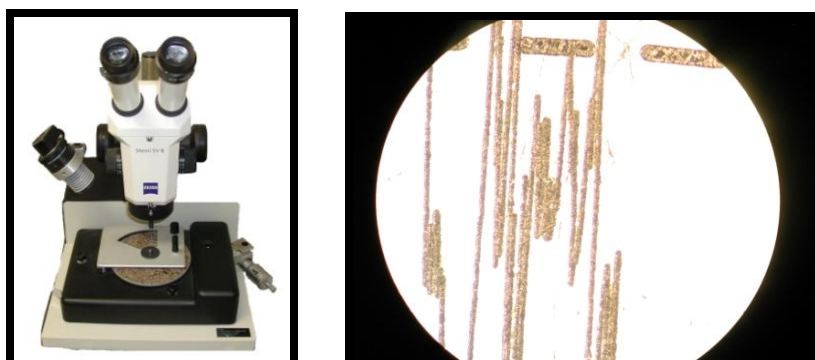


Imagen digitalizada y ampliada de un disco diagrama

4.7.5. Estudio del disco con microscopio

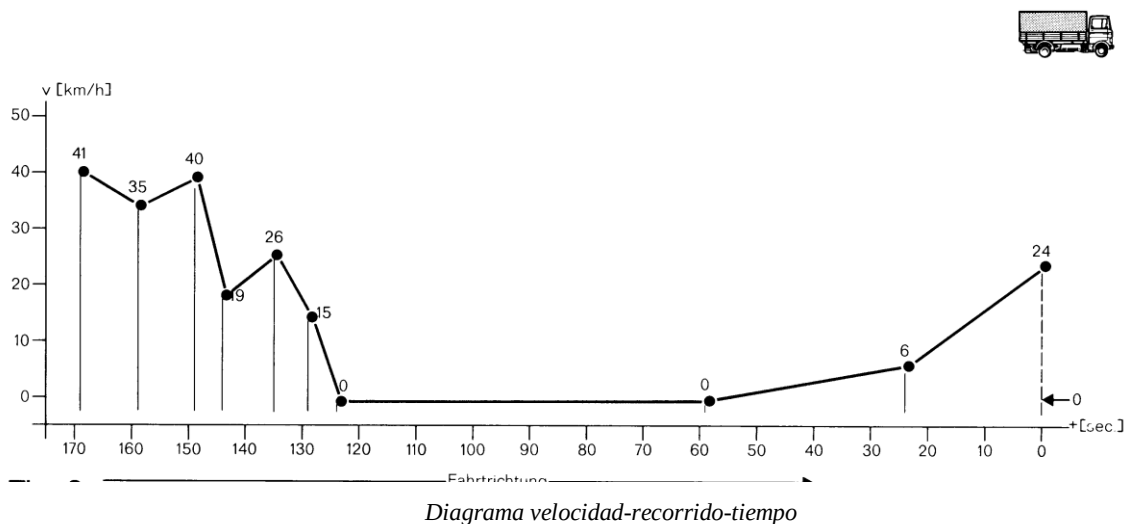
El sistema más exacto para poder determinar los datos registrados en un disco diagrama, es el uso de una lupa microscopio, en la que incluso se pueden utilizar procedimientos de iluminación si existen en el disco trazos sobrescritos o dañados.



Microscopio para la lectura de discos diagrama e imagen obtenida del mismo

Los registros temporales, se miden mediante la ayuda de una línea de referencia de un grueso de 3μ ($3/1000$ mm), con exactitud de segundos

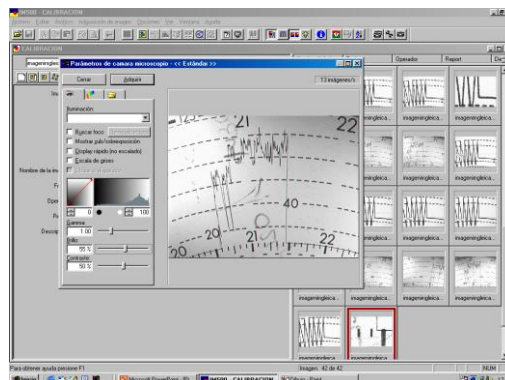
Con los componentes, distancia y tiempo, se realiza la medida del desarrollo del viaje, y conjuntamente con la pista de velocidad, se transforman en un diagrama de velocidad-recorrido-tiempo.



4.7.6. Utilización de programas informáticos específicos

Para poder determinar con la mayor exactitud posible, las grabaciones existentes en los discos diagramas, el investigador se puede ayudar de programas informáticos específicos para capturar, procesar, analizar e imprimir imágenes en investigación.

En dicho programa y una vez capturada la imagen, se debe **calibrar** el mismo, en relación a los registros que se desean obtener: velocidad, distancia recorrida o tiempos, y así obtener las mediciones reales del evento, con las propias herramientas del sistema.



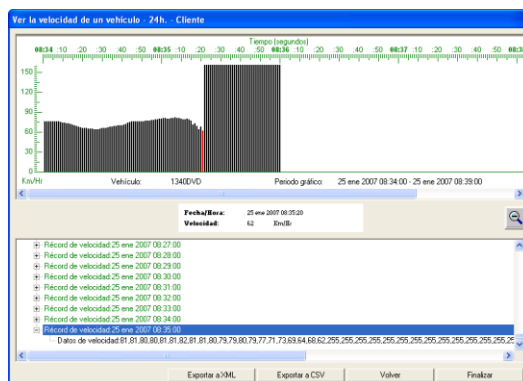
Captura de pantalla de un programa utilizado para el estudio de discos diagrama

4.7.7. El tacógrafo digital para la investigación de un AT

Para poder obtener la información almacenada en un tacógrafo digital, debemos extraerla de la unidad intravehicular, por medio de una **tarjeta** de control, empresa o centro de ensayo válidas y de una **herramienta** específica para la descarga de los archivos que contienen dicha información en un ordenador.

La lectura de los datos, se realiza mediante un programa específico de lectura, que va generando pantallas con los datos disponibles.

Así, la información almacenada de la velocidad a la que circuló el vehículo durante el trayecto, segundo a segundo, puede ser exportada a un archivo Excel para su estudio.



Captura de pantalla de un programa utilizado para la lectura de datos del tacógrafo digital

4.8. NORMATIVA DE UTILIZACIÓN DEL TACÓGRAFO

La base de la legislación española en materia de utilización del tacógrafo, así como tiempos de conducción y descanso, lo conforma el Reglamento (CE) núm. 561/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de marzo de 2006, relativo a la armonización de determinadas disposiciones en materia social en el sector de los transportes por carretera y por el que se modifican los Reglamentos (CEE) 3821/85 y (CE) 2135/98 del Consejo y se deroga el Reglamento (CEE) 3820/85 del Consejo.

Este Reglamento se aplicará a todos los conductores que realicen algún tipo de transporte por carretera, ya sea público o privado, de mercancías o de viajeros, sean españoles o extranjeros, realicen el transporte por el interior de España o por el territorio de la Comunidad Europea, lleven el vehículo en carga o circulen en vacío, pero siempre y cuando el vehículo que conduzcan tenga un PMA superior a 3.5 toneladas o en el caso de vehículos para viajeros, éstos tengan más de 9 plazas incluido el conductor, con las excepciones recogidas en la propia norma y apuntadas en el apartado 1.3.1 del presente capítulo.

4.9. CALIFICACIÓN DE LOS EXCESOS Y MINORACIONES DE LOS TIEMPOS DE CONDUCCIÓN Y DESCANSO

EXCESOS TIEMPOS DE CONDUCCIÓN	
Exceso superior al 50 % sobre tiempos máximos de conducción.	MG
Exceso superior al 20 % sobre tiempos máximos de conducción.	G
Exceso en los tiempos máximos de conducción hasta un 20%.	L
MINORACIÓN DE LOS DESCANSOS	

Minoración superior al 50 % en los períodos de descanso obligatorio.	MG
Minoración superior al 20 % e inferior al 50 % en los períodos de descanso obligatorio.	G
Minoración hasta el 20 % en los períodos de descanso obligatorio.	L
CONDUCCIÓN ININTERRUMPIDA	
Conducción ininterrumpida superior al 50 % del tiempo máximo autorizado.	MG
Conducción ininterrumpida superior al 20 % e inferior al 50 % del tiempo máximo autorizado.	G
Conducción ininterrumpida hasta el 20 % del tiempo máximo autorizado.	L

MG: Muy grave

G: Grave

L: Leve

5. EL INCENDIO Y EL ACCIDENTE DE TRÁFICO



Vehículo accidentado ardiendo a partir del foco en el motor

5.1. TIPOLOGÍA DEL ACCIDENTE DE TRÁFICO

Dentro de la clasificación de los accidentes de tráfico seguida en el Libro de la Academia de Tráfico de la Guardia Civil “*Investigación de accidentes de tráfico*”, y fundamentada en la Orden de 18 de febrero de 1993, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de Secretaría del Gobierno, se recogen los *incendios*, dentro del apartado de *Accidentes con Características Especiales*, es decir, de aquellos que no se pueden encasillar en ninguno de los apartados más característicos y conocidos.

De lo anterior se desprende que determina este tipo de accidente, consistente en *el incendio de un vehículo*, el que *la causa* del siniestro será el origen del incendio producido y la consecuencia la calcinación del vehículo, existiendo la posibilidad de que a consecuencia de ello resulten víctimas.

El hecho de que el incendio sea la causa del accidente, lo singulariza frente a aquellos otros que tras un accidente de tráfico, se produce como efecto el incendio del vehículo.

5.2. ACCIDENTE POR INCENDIO

El tipo de accidente es aquel en el que *la causa* del mismo está constituida por el incendio previo del vehículo, pero como consecuencia del mismo, se pueden originar, además del propio *incendio*, otras circunstancias que pueden conducir a la ocurrencia de un accidente que sin dejar de tener la causa en el incendio previo, puede adoptar la forma o tipología de otros, por comportamientos o circunstancias, como:

- a. *Distracción* del conductor, provocada por la aparición de humo o incluso llamas.
- b. Que el mismo humo afecte a la *visibilidad* del conductor.
- c. Disfunciones o *funcionamiento anormal* de algún órgano del vehículo.
- d. Otro tipo de circunstancias.

5.3. LA INSPECCIÓN TÉCNICO-OCULAR EN INCENDIOS DE VEHÍCULOS

5.3.1. Introducción

Los fallos mecánicos estructurales, causas de fuegos accidentales, permanecen impunes debido a que los vehículos involucrados no se examinan en detalle. Los incendios de vehículos se pueden investigar con igual eficacia que los de edificios. Los principios son los mismos para ambos tipos.

El incendio de un automóvil de manera accidental, es poco frecuente; la mayor parte son pues provocados y ello se deduce con los siguientes argumentos:

- Ocurren pocos incendios accidentales en vehículos de servicio público.
- De los incendios denunciados, sólo del 0,5 al 1% les ocurre a las mujeres como conductoras.
- Son muy escasas las denuncias formuladas por las casas de alquiler de vehículos.
- La gran parte de las denuncias por incendio, se dan cuando el vehículo está en régimen de financiación, o cuando el propietario no está a gusto con el coche. En este caso siempre están provistos de seguro contra incendios.

5.3.2. Por qué arde el vehículo

Según hemos visto en puntos anteriores, es realmente difícil el hecho de que se produzca un incendio accidental de un vehículo, hecho basado en cuatro motivos:

- Una mayor proporción de sustancias no combustibles respecto a las que sí lo son.
- Que la materia combustible está normalmente aislada de las causas que podrían provocar el incendio.
- Al propio diseño de los vehículos, concebido para la combustión del carburante sin riesgo para el habitáculo, en una especie de “circuito cerrado”, tanto de la gasolina como el de los gases producidos.
- A la dificultad de ignición de los neumáticos y de los órganos del motor, concebidos para sufrir las altas temperaturas producidas durante su uso.

Sin embargo, un vehículo puede arder accidentalmente por *dos causas*: el circuito de gasolina y la instalación eléctrica del vehículo.

5.3.2.1. Circuito de gasolina

1. Depósito de gasolina.

Un tanque con cierta cantidad de gasolina, contiene:

- Gasolina líquida.
- Gases, mucho más pesados que el aire, por lo que están en la cámara baja y que se encuentran muy por encima del *rango explosivo*, por lo que si se tira una cerilla encendida dentro, no se produce la ignición.

Para que arda un tanque de gasolina, *debe estar prácticamente vacío* (sobre la reserva), ya que si tiene mucha gasolina, la mezcla de ésta con el aire es muy saturada, circunstancia por la que supera el rango de deflagración.

2. El colector.

Es el lugar del vehículo donde más alta temperatura se puede alcanzar, llegando incluso hasta los 1.000° C., por lo que es importante saber los *kilómetros recorridos*, así como inspeccionar los diferentes tubos de conducción próximos ante una posible pérdida de gasolina.

3. El carburador. Inyectores. Colector de admisión.

En los vehículos más antiguos, el carburador era el punto de origen más probable de un fuego desencadenado por encima del motor, en el que las señales mostraban la incidencia de las llamas en la parte interior del capó.

En cualquier caso, independientemente del elemento motor que alimente la combustión, *un capó cerrado muestra daños por el calor justo encima de la posición del fuego en el compartimento motor.*

Un fuego que se origine a nivel o debajo del motor, dejará señales en los manguitos del radiador, correas del ventilador y soportes elásticos de sujeción del motor al chasis. Si estas señales indican que se propagó desde abajo, quizás se haya originado utilizando un *acelerante en el terreno.*

5.3.2.2. La electricidad del automóvil como causa del incendio

Las causas de los incendios eléctricos en los vehículos, pueden ser:

1. Por la batería:

La corriente en los vehículos es de bajo voltaje, exceptuando en la salida de la batería, por lo que saltan pocas chispas. La batería puede ocasionar un incendio:

- Cargándola, ya que durante la carga se desprende hidrógeno.
- Por un polo suelto que haga contacto, provocando chispas.

2. Por los cables:

Salvo a la salida de la batería, en el resto del recorrido no son riesgo de incendio, salvo el *cortocircuito* que debe radicar cerca de materias combustibles.

3. Por los dispositivos eléctricos que tenga el vehículo:

Estos dispositivos pueden ser las cajas de conexiones, interruptores, etc.

5.3.2.3. Otros orígenes accidentales

- Trapos manchados de aceite olvidados en el motor (siempre se localizarán en el motor, habrá poco fuego ya que se apaga pronto).
- Bloqueo de la transmisión en marcha (aumenta la temperatura, funde el conducto de la gasolina y se incendia).
- Aunque rara vez, los neumáticos pinchados o reventados, aumentan su temperatura y se pueden incendiar.
- Cualquier tipo de bloqueo en poleas, engranajes u otros órganos del motor.

5.3.3. Objetivos de la inspección ocular

En las inspecciones oculares por incendios, se persiguen cuatro objetivos:

- a.- Encontrar *el punto o foco de origen*.
- b.- Hallar *la fuente de energía de activación*.
- c.- Determinar *la causa*.
- d.- Establecer *la categoría del incendio* (natural, provocado o accidental).

La práctica de la inspección ocular nos llevará a la observación de los *horizontes de humo* y los *conos de calor* en aquellos puntos donde se aprecien los efectos destructivos de mayor intensidad.

En ellos o en sus inmediaciones se buscarán focos primarios, prestando especial atención a todos aquellos elementos que se encuentren en el lugar y puedan constituir la fuente productora del calor.

El cono del calor presenta una característica especial en forma de “V”, cuyo vértice indica el punto de origen. Hay que determinar la propagación (recorrido) del fuego, a través de las marcas de fuego que presenten los objetos.

Si bien hasta ahora todo lo dicho con respecto al fuego lo es en sentido general dentro de la inspección ocular, en su aplicación al caso concreto del incendio de vehículos hay que tener en cuenta que la gasolina es un *acelerante* de la combustión, por lo que habrá que examinar cuidadosamente la instalación eléctrica teniendo en cuenta que:

- a.- Cuando el incendio es provocado por un cortocircuito, el cable queda suelto y se desliza fácilmente dentro de la cubierta aislante.
- b.- Cuando el fuego ataca desde el exterior, el cable queda firmemente adherido a la cubierta plástica.

En ambos casos, se pueden apreciar bolitas de cobre fundidas al hilo conductor.

5.3.4. Procedimiento del investigador de los incendios de vehículos

Hay que tener en cuenta una serie de consideraciones:

- Casi nunca será incendio accidental, si el vehículo aparece totalmente destruido.
- No siempre incendiar un vehículo es delito, por lo que no se debe comenzar la investigación hasta haber sido presentada la correspondiente denuncia).
- Cuanto menos importante sea el siniestro, más fácil es de investigar.
- Rápida presentación en el lugar de los hechos (tan pronto hayan sido denunciados).

Hay que anotar la hora de aviso y de inicio del incendio por dos razones:

- Por la propia coartada que pueda presentar.
- Por la duración del incendio (si es menor de 15 minutos, puede ser fortuito, si por el contrario dura más, posiblemente sea provocado).

Hay que entrevistarse con el conductor y fijarse en las reacciones, si tiene algún tipo de intoxicación (etílica, drogas), y si tiene o no quemaduras: si tiene quemado el vello del dorso de las manos, es un buen indicio. Antes de remover o tocar nada, hay que efectuar la inspección ocular del vehículo, así como del lugar, incluido el alejado del vehículo.

En el entorno pueden existir evidencias que investigar, como:

- Las pisadas de los alrededores.
- Las huellas de neumáticos en el entorno, que indiquen la existencia de un segundo vehículo.
- La existencia de acelerantes en el suelo, como aceite (que puede presentarse pulverizado si el vehículo iba a tirones) y gasolina (habría que buscar un macarrón roto), cuya combustión deja una mancha en el asfalto y que es detectable mediante reactivos.

En un terreno con arena, hay que efectuar un *raspado más profundo*, como de medio centímetro, donde aparecerán aunque no se aprecien a simple vista restos del carburante.

En el reconocimiento que se efectúe del vehículo, hay que realizar un examen interno combinado con uno externo (cristales rotos, llaves de contacto puestas, tapón de la gasolina quitado, etc.)

Tenemos que comprobar si:

- Existen daños en la carrocería por colisión
- Faltan piezas esenciales en el vehículo
- Si están los tornillos de las ruedas.
- Si conservan los espejos retrovisores.
- Faltan accesorios u otros objetos de interés.
- Las ventanas y puertas están abiertas o cerradas.
- Encontramos el horizonte de humo y de calor.
- La pintura del coche nos ofrece pistas.

Para valorar la intensidad del calor pueden servir una serie de detalles tales como:

- Cristales rotos.
- Muelles destemplados.
- Deformación de la carrocería.
- Fusión de metales blancos (calamina).

Los incendios eléctricos tardan mucho en propagarse y el calor que desprenden es pequeño. En invierno suelen ocurrir más explosiones en los depósitos de gasolina que en verano, debido a que hay menos rango explosivo dentro y la temperatura externa es más baja.

A. Inspección del circuito del combustible.

En cuanto al combustible, interesa:

- Si está roto el circuito y la forma de rotura.
- Si tiene horizonte de fuego el carburador o si está roto.

- El filtro del aceite y condiciones en que se encuentra.

B. Inspección del circuito eléctrico.

En cuanto al circuito eléctrico, interesa:

- La batería:
 - *conectada*: si estaba descargada pudo haber existido un cortocircuito.
 - *desconectada*: no pensar en origen eléctrico.
- Las cajas de distribución eléctrica.
- Fusibles (si están fundidos o no, si son originales, si se ha colocado alguno de más potencia y al no fundirse ha producido un cortocircuito).

CAPÍTULO IV: EL FACTOR VÍA

1. ELEMENTOS DE LA RED VIARIA

1.1. INTRODUCCIÓN

Como ya se reseñaba en el capítulo 3, dedicado a los factores que intervienen en el accidente, del módulo I, al cual nos remitimos, la vía es el elemento material más fijo o perenne, ya que su construcción o modificación requiere períodos largos de tiempo. El objetivo esencial de los ingenieros y constructores ha sido, en todo momento, la obtención de firmes resistentes que no puedan ser destruidos fácilmente por el paso continuo de vehículos.

En la Ley 25/1988, de Carreteras (en adelante, LCar), se consideran carreteras las vías de dominio y uso público, proyectadas y construidas fundamentalmente para la circulación de vehículos automóviles. Para que quede claro que el concepto de vía es más amplio, y contiene en su seno el de carretera, baste citar el artículo 8 del Real Decreto 1812/1994, por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras, (en adelante, RGCar) que afirma que no tendrán la consideración de carreteras:

- Los caminos de servicio, entendiéndose por tales los construidos como elementos auxiliares o complementarios de las actividades específicas de sus titulares.
- Los caminos construidos por las personas privadas con finalidad análoga a los caminos de servicio.

1.2. NORMATIVA APLICABLE EN ESTA MATERIA

1.2.1. Normativa internacional

En el ámbito internacional tenemos entre otros, los siguientes Tratados internacionales suscritos en el marco de la Organización de las Naciones Unidas:

- Convención de Circulación Vial, hecha en Viena el 8 de noviembre de 1968.
- Convención en Señalización Vial, hecha en Viena el 8 de noviembre de 1968.

Al no haber sido ratificados por España hasta el momento los tratados relacionados, sigue en vigor todavía en nuestro país la Convención de Circulación Vial de Ginebra de 1949, seguida por el Acuerdo Europeo complementario a la Convención de Circulación Vial, el Protocolo de Señalización vial y señales y el Acuerdo Europeo sobre Marcas Viales.

1.2.2. Normativa europea

No existe por el momento, normativa europea aplicable en materia de señalización y vías.

1.2.3. Normativa estatal

La normativa en este ámbito es muy numerosa, citando por su importancia la Ley 25/1988 de Carreteras, el R.D. 1812/94 por el que se aprobó el Reglamento General de Carreteras y la Ley 8/1972 de Autopistas, así como el R.D. Legislativo 339/90 de Texto

Refundido de la Ley de Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial y el R.D. 1428/03 del Reglamento General de Circulación.

Complementan esta legislación básica, números Órdenes sobre construcción, trazado, firme, drenaje, plantaciones, señalización y balizamiento, estructuras, túneles, iluminación, obras, sistemas de contención, etc., las cuales son una utilidad importante para establecer la falta de adecuación entre las disposiciones aplicables y el estado real de la vía, a la hora de establecer el grado de contribución de este factor a la producción del accidente de tráfico, en si mismo considerado y a su resultado final.

1.2.4. Normativa autonómica

En las últimas décadas, las Comunidades Autónomas han dictado sus propias Leyes de Carreteras o normas de inferior rango, aplicables en el marco de sus territorios.

1.2.5. Normativa de régimen local

La competencia sobre las vías públicas, que no tengan la consideración de travesías, en el interior de los cascos urbanos, se deriva de las siguientes leyes:

- Ley 7/1985, de Bases de Régimen Local
- Real Decreto Legislativo 781/1986, por el que se aprueba el texto refundido de las disposiciones legales vigentes en materia de Régimen Local

1.3. DEFINICIONES EN ESTA MATERIA

1.3.1. Glosario de términos relacionados con la vía

Las definiciones relacionadas con la vía y su elementos, de gran interés para el investigador de accidentes de tráfico, se recogen en las normas básicas indicadas en el punto 1.2.3. de este capítulo, resaltandose algunas a continuación:

- Arcén: franja longitudinal pavimentada, contigua a la calzada, no destinada al uso de vehículos automóviles más que en circunstancias excepcionales.
- Autopistas: carreteras que están especialmente proyectadas, construidas y señalizadas como tales para la exclusiva circulación de automóviles y reúnen las siguientes características:
 - no tener acceso a las mismas las propiedades colindantes.
 - no cruzar a nivel ninguna otra senda, vía, línea de ferrocarril o tranvía, ni ser cruzadas a nivel por vía de comunicación o servidumbre de paso alguna.
 - constar de distintas calzadas para cada sentido de circulación, separadas entre sí, por una franja de terreno no destinada a la circulación o, en casos excepcionales, por otros medios.
- Autovías: carreteras que no reuniendo todos los requisitos de las autopistas tienen calzadas separadas para cada sentido de circulación y limitación de accesos a

propiedades colindantes. no cruzarán a nivel ninguna otra senda, vía, línea de ferrocarril o tranvía, ni serán cruzadas a nivel por senda, vía de comunicación o servidumbre de paso alguna.

- Carreteras convencionales: son las que no reúnen las características propias de las autopistas y autovías para automóviles.
- Carril: franja longitudinal en que puede estar dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales, y con anchura suficiente para la circulación de una fila de automóviles que no sean motocicletas.
- Enlace: zona en la que dos o más carreteras se cruzan a distinto nivel, y en la que se incluyen los ramales que pueden utilizar los vehículos para realizar los movimientos de cambio de una carretera a otra.
- Glorieta: intersección dispuesta en forma de anillo (generalmente circular) siendo único el sentido de circulación en el mismo.
- Intersección: zona común a dos o varias carreteras que se encuentran o se cortan al mismo nivel, y en la que se incluyen los ramales que puedan utilizar los vehículos para el paso de una a otra carretera.
- Mediana: franja longitudinal situada entre dos plataformas separadas, no destinada a la circulación.
- Plataforma: zona de la carretera destinada al uso de los vehículos, formada por la calzada, los arcenes y las bermas afirmadas.
- Travesía: parte de tramo urbano en la que existan edificaciones consolidadas al menos en las dos terceras partes de su longitud y un entramado de calles al menos en uno de los márgenes.
- Vía urbana: las que componen la red interior de comunicaciones de una población, siempre que no se trate de travesías ni formen parte de una red arterial.

1.3.2. Conceptos relacionados con la seguridad vial

Los índices relacionados con los accidentes de circulación pueden clasificarse en tres categorías:

- **Índices generales** que permiten establecer comparaciones globales entre países o regiones. Entre ellos pueden incluirse los que relacionan el número de accidentes o de víctimas mortales con datos estadísticos generales como pueden ser la población, el parque de vehículos, la longitud de la red de carreteras, la superficie de los territorios, o determinados grupos globales de usuarios. Los utilizados con mayor frecuencia en las comparaciones internacionales son los que corresponden al número anual de víctimas mortales o de accidentes con víctimas registrados por cada 100.000 habitantes o por cada 10.000 vehículos.
- **Índices** que pueden utilizarse **para la planificación de medidas**. Reflejan el nivel de riesgo de sufrir un accidente al utilizar un determinado tramo de carretera, medido como la razón de las víctimas mortales o totales, de los accidentes con

víctimas o de los accidentes mortales, y los niveles de exposición al riesgo de sufrir un accidente, medidos a través de los kilómetros recorridos. Los índices que básicamente se utilizan en la planificación de medidas de seguridad vial son el índice de mortalidad, el índice de peligrosidad y el índice de gravedad.

- Los **indicadores específicos** para el estudio detallado de las circunstancias en que se han producido los accidentes, con el fin de diseñar medidas concretas:
 - Tipo de accidente: colisiones frontales, colisiones laterales, colisiones traseras y alcances, atropellos, salidas de vía.
 - Luminosidad: día, noche con iluminación, noche sin iluminación.
 - Estado del pavimento: seco, mojado, con nieve o hielo.
 - Vehículos implicados: accidentes con un solo vehículo, con varios vehículos, con vehículos pesados, con motos y con bicicletas, atropellos a peatones.
 - Datos sobre el tráfico: intensidad, frecuencia y velocidad de los vehículos y composición del tráfico según los diferentes tipos de vehículos.

El tramo de concentración de accidentes (TCA), desde el punto de vista preventivo de la adopción de medidas de mejora de la seguridad de las vías, se puede definir como el que presenta un riesgo medio a largo plazo, significativamente superior a la media de los tramos de características similares.

El conocer la situación de los TCA nos permite estudiar detalladamente las características de cada uno de ellos y adecuar los recursos disponibles, invirtiendo en las actuaciones más rentables, desde el punto de vista de la seguridad.

1.4. TIPOLOGÍA DE VÍAS DE CIRCULACIÓN

Existen múltiples clasificaciones de las vías aptas para la circulación de vehículos dependiendo del criterio elegido para establecer cada una de esas tipologías.

1.4.1. Clasificación según sus características

Así, según sus características constructivas y normativas tendríamos:

- **Autopistas, autovías y carreteras de calzada única** (todas ellas reseñadas en el apartado 1.3.1. de definiciones).

1.4.2. Clasificación según su régimen jurídico

Por razón de su situación, régimen jurídico y competencias existen:

- **Vías urbanas.** Según el anexo del RGCAR, se entiende por vía urbana cualquiera de las que componen la red interior de comunicaciones de una población, siempre que no se trate de travesías ni formen parte de una red arterial.
- **Vías interurbanas.** Por exclusión son aquellas que no ostentan la condición de urbanas, pero de una forma positiva se las puede definir como aquellas vías que discurren por suelo no urbano o son travesías de carreteras que discurren por suelo urbano pero que no tienen las condiciones para ser vías urbanas.

1.4.3. Clasificación funcional de las vías

Siguiendo a Del Val et al., al realizar una clasificación funcional de las vías interurbanas podemos distinguir, de menor a mayor importancia, entre:

Caminos de menor categoría. Sirven únicamente a uno o varios predios y su único objetivo es permitir el acceso a los mismos.

Carreteras de interés local. Permiten el enlace entre pequeñas localidades y carreteras de mayor categoría.

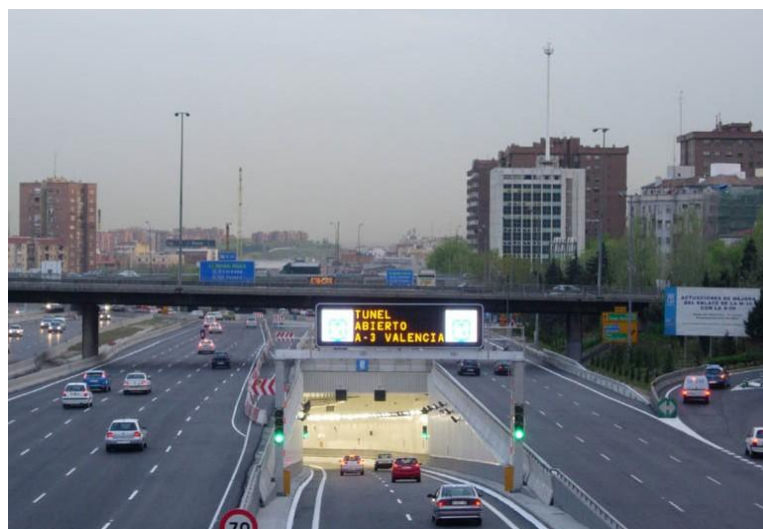
Carreteras de interés comarcal o secundarias. Enlazan los principales centros de actividad de una comarca.

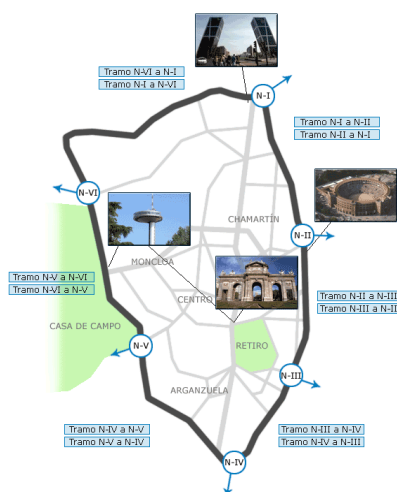
Carreteras principales o de interés nacional. Unen entre sí los principales centros de actividad, población o capitales de provincia, región o ente similar de un país.

Red de autopistas. Son vías diseñadas para permitir viajar a larga distancia en función de su diseño basado casi exclusivamente en la función de movilidad.

De igual forma se pueden clasificar las vías urbanas de la siguiente manera:

- **Calles residenciales.** Tienen una exclusiva función de accesibilidad.
- **Calles colectoras-distribuidoras.** Su mayor utilidad es servir de distribución del flujo de vehículos entre las vías arteriales y las calles locales y residenciales.
- **Vías arteriales.** Forman la red principal en ciudades pequeñas, siendo su función principal la de facilitar la movilidad de los vehículos que pretenden realizar recorridos medios o largos a través de la ciudad.
- **Autopistas urbanas.** Vías urbanas con calzadas desdobladas que facilitan la movilidad de los que pretenden entrar, moverse y salir de las grandes áreas metropolitanas.





La autovía M-30 de Madrid tiene todas las características de una autopista urbana

En España en razón de la competencia para su construcción, conservación y mantenimiento se puede distinguir entre:

- **Red de Carreteras del Estado.** Compuesta por las carreteras de titularidad estatal, cuyo mantenimiento y conservación es competencia de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.
- **Carreteras de las Comunidades Autónomas.** Integradas por carreteras cuya función afecta a una sola Comunidad y cuya titularidad, mantenimiento y conservación depende de una determinada Comunidad Autónoma.
- **Carreteras interurbanas de las Diputaciones Provinciales.** Integradas por carreteras locales y cuya titularidad, conservación y gestión administrativa corresponde a las Diputaciones provinciales o Cabildos insulares.
- **Vías municipales y calles urbanas.** Conformadas por el conjunto de calles y vías situadas en terreno de naturaleza urbana y cuya ordenación, mantenimiento y conservación corresponde al correspondiente Ayuntamiento.

2. ESTRUCTURA Y CUALIDADES SUPERFICIALES DE LA VÍA

2.1. INTRODUCCIÓN

El Centro Español de Experimentación de Firms (CEDEX) del Ministerio de Fomento atribuye a los firms las siguientes características:



Características de los firms y pavimentos

Las características estructurales están relacionadas con los materiales empleados en las capas del firme y con los espesores de estas capas. Las superficiales son tratadas en este mismo epígrafe.

2.1.1. Materiales utilizados en la construcción de los firms

Como materiales básicos utilizados en las obras de carreteras que constituyen las diferentes capas del firme se emplean los siguientes:

- Áridos naturales, rodados y de machaqueo total o parcial.
- Áridos artificiales y marginales, subproductos y desechos industriales.
- Ligantes hidrocarbonados: betunes y emulsiones bituminosas.
- Conglomerantes hidráulicos y puzolánicos: cementos, escorias granuladas y cenizas volantes.
- Cales aéreas.
- Materiales varios, tales como barras de acero, aireantes y plastificantes en los hormigones, y activantes en las mezclas bituminosas.

Los materiales, de suelos y áridos forman los siguientes grupos de materiales:

- Capas granulares, tales como zahorras naturales, zahorras artificiales y macadam.
- Materiales granulares estabilizados o tratados, tales como suelos estabilizados con cemento, cal o productos bituminosos, gravacemento, gravaescoria u otros. .
- Tratamientos superficiales y riegos bituminosos, que comprenden los riegos con gravilla, los auxiliares de imprimación y las lechadas bituminosas.
- Mezclas bituminosas.
- Hormigones vibrados para pavimentos rígidos, hormigones magros para bases y hormigones compactados con rodillo.

Los materiales utilizados en la construcción de carreteras se encuentran descritos y caracterizados en la Orden Ministerial de 6 de febrero de 1976 en la que se aprueba el Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG-3).

2.2. TIPOLOGÍA DE LOS FIRMES

Un firme flexible consiste en una serie de capas de rigidez nula o relativamente débil, constituidas por materiales de calidad decreciente con la profundidad. Están compuestos de una serie de capas de materiales con poca resistencia a la tracción, en cuyo interior los esfuerzos se transmiten por distribución de presiones. Las capas superiores son, generalmente, más resistentes y menos deformables que las capas inferiores.

Un firme rígido está constituido por losas de hormigón hidráulico que apoyan directamente sobre el cimiento o por intermedio de una capa de base. Los pavimentos rígidos, con sus bases de hormigón, se deforman elásticamente bajo la acción de las cargas, transmitiendo los esfuerzos a distancia y repartiéndolos en una gran superficie.

Como elementos utilizados sobre todo en el ámbito urbano se consideran también el adoquinado, el mosaico, el hormigón blindado y los adoquines de hormigón.

La Instrucción 6.1 IC (28-11-03) de Secciones de firme, define el firme como el conjunto de capas ejecutadas con materiales seleccionados, y, generalmente tratados, que constituye la superestructura de la plataforma, resiste las cargas del tráfico y permite que la circulación tenga lugar con seguridad y comodidad.

La normativa técnica española, Instrucción 6.3 IC (28-11-03) de Rehabilitación de firmes, diferencia entre los siguientes tipos de firmes:

- **Firme flexible**, que es un firme constituido por capas granulares no tratadas y por un pavimento bituminoso de espesor inferior a 15 cm.
- **Firme semiflexible**, que es un firme constituido por capas de mezcla bituminosa, de espesor total igual o superior a 15 cm, sobre capas granulares no tratadas.
- **Firme semirrígido** que es un firme constituido por un pavimento bituminoso de cualquier espesor sobre una o más capas tratadas con conglomerantes hidráulicos, con espesor conjunto de éstas igual o superior a 18 cm y cuyo comportamiento garantice una contribución significativa a la resistencia estructural del firme.

También incluye los firmes rígidos, sin referirse expresamente a ellos, al definir los pavimentos de hormigón como aquellos constituidos por losas de hormigón en masa, separadas por juntas, o por una losa continua de hormigón armado.

2.3. BREVE EXPLICACIÓN DE LA SECCIÓN

El firme, tal y como se ha visto arriba, es un conjunto de capas ejecutadas con materiales seleccionados. Al realizar un corte transversal a una sección cualquiera de una vía, podemos observar de forma simplificada las siguientes capas:



Sección transversal de la vía

2.3.1. Explanada

Definida como la superficie sobre la que se apoya el firme, no perteneciente a su estructura, la norma 6.1.IC establece tres categorías de explanada, denominadas respectivamente E1, E2 y E3, que se determinan según su módulo de compresibilidad.

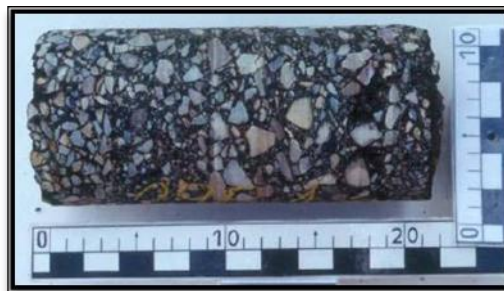
2.3.2. Capas de base

La base, propiamente dicha, es la capa del firme situada debajo del pavimento. Su función es eminentemente resistente, absorbiendo la mayor parte de los esfuerzos verticales.

La subbase es la capa de firme situada debajo de la base y sobre la explanada. Esta capa puede no ser necesaria con explanadas granulares de elevada capacidad de soporte. Su función es proporcionar a la base un cimiento uniforme.

2.3.3. Pavimento o capa de rodadura

El pavimento, es la parte superior del firme que debe resistir los esfuerzos producidos por la circulación, proporcionando a ésta una superficie de rodadura cómoda y segura, a la vez que protege la explanada de las inclemencias meteorológicas. Los pavimentos más comunes son los tratamientos superficiales por riego con gravilla y las mezclas bituminosas. Se pueden aplicar también las lechadas bituminosas, e incluso el hormigón.



Probeta de corte transversal de un pavimento de mezcla bituminosa

La norma 6.1.IC sobre secciones de firme indica que la capa de rodadura estará constituida por una mezcla bituminosa drenante, por una mezcla bituminosa discontinua en caliente o por una mezcla bituminosa en caliente, para cuyas definiciones remite a la Orden

Ministerial de 6 de febrero de 1976 (PG-3) Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes.

2.4. CUALIDADES SUPERFICIALES DE LOS PAVIMENTOS

Coquand estimaba que las cualidades superficiales que debían reunir los pavimentos debían ser tres:

- La **uniformidad**. Cuando el perfil longitudinal y transversal difieren muy poco del perfil teórico, y no tienen, por tanto, desniveles ni ondulaciones.
- La **rugosidad**. Cualidad esencial en el coeficiente de rozamiento y por tanto en la estabilidad de los vehículos sobre la calzada a través de los fenómenos de adherencia y deslizamiento.
- La **impermeabilidad**, ya que al ser los materiales para firmes y terrenos de base más o menos sensibles a la acción del agua, es esencial que la superficie de la calzada asegure la impermeabilidad a las aguas de lluvia y escorrentía.

El Manual de Investigación de la Escuela de Tráfico añade a las anteriores la **drenabilidad**, ya que si el agua de lluvia se acumula sobre el pavimento puede llegar a originar una pérdida de adherencia del neumático, a la vez que disminuye la visibilidad de las marcas viales y reduce la propia visibilidad del conductor con las salpicaduras.

El XVIII Congreso Mundial de Carreteras celebrado en Bruselas en 1987, se propuso una clasificación de las características superficiales, basada en las longitudes de onda y en las amplitudes de las irregularidades, diferenciando entre:

- Microtextura o aspereza, que depende de la textura superficial de los áridos y del mortero bituminoso o de cemento. Es muy importante para la adherencia, entre neumático y pavimento en todas las circunstancias. Influye en el desgaste de los neumáticos y algo en el ruido en las altas frecuencias del espectro acústico.
- Macrotextura o rugosidad, que depende del tamaño máximo del árido y de la composición del riego o lechada bituminosa o del tratamiento de superficie del hormigón. Es necesaria para una adecuada resistencia al deslizamiento a velocidad media y elevada, superior a 60 km/h, con pavimento mojado.
- La megatextura corresponde a irregularidades de tipo intermedio, relacionadas con diversos tipos de fallos y sus reparaciones cuando no están bien realizadas.
- Los defectos de regularidad superficial son debidos a la puesta en obra y a deformaciones del firme o de la explanada.

Lo adecuado es tener una microtextura áspera y, además, una macrotextura gruesa o rugosa, siempre que el ruido se mantenga dentro de los niveles máximos admitidos.

El estado de la superficie de la calzada afecta al riesgo de accidente principalmente a través de su influencia en la distancia de parada. Los parámetros relevantes para determinar el estado de la superficie de un pavimento son la microtextura (irregularidades en la superficie menores de 0,5 mm de profundidad) y la macrotextura (irregularidades en la superficie entre 0,5 mm y 50 mm). Mientras que la microtextura afecta a la distancia de parada solamente a

través de la fuerza de adhesión, la macrotextura influye tanto en la deformación mecánica del neumático (histéresis), como por la prevención que supone para la formación de capas de agua sobre la superficie del firme.

2.5. FALLOS Y DETERIOROS DEL PAVIMENTO

2.5.1. Estado del pavimento

Según el Manual de Investigación de la Escuela de Tráfico de la Guardia Civil, el estado de un pavimento se puede clasificar como:

- **Bueno:** presenta buen aspecto y los áridos son bastante angulosos.
- **Regular:** buen aspecto, pero con áridos ya desgastados y redondeados, presenta algunas deficiencias en su textura.
- **Mal estado:** piedras totalmente desgastadas, necesidad de bacheado, grietas notorias, ondulaciones, etc....

2.5.2. Fallos del pavimento

Los fallos estructurales del pavimento pueden clasificarse de la siguiente forma:

2.5.2.1. Agrietamiento

Consiste en una serie de discontinuidades visibles en la superficie y que pueden ser indicativas de un fallo estructural. El principal problema de las grietas es que permiten la infiltración del agua, hecho que acelera el deterioro del pavimento. El agrietamiento puede ser el fruto de un gran número de causas, entre ellas del envejecimiento, de las superficies quebradizas, de las condiciones ambientales, del fallo estructural o de la fatiga del pavimento.

El paso del tiempo hace que la superficie se vuelva frágil y quebradiza lo que acaba produciendo un agrietamiento generalizado de la superficie, que es aquel en el que las grietas están interconectadas dividiendo el pavimento en grandes bloques.

El agrietamiento reflejo es causado, generalmente, por movimientos verticales y horizontales en el pavimento por debajo de las capas superiores, que son resultado de la expansión y contracción fruto de la temperatura o de los cambios en la mezcla bituminosa. El agrietamiento también puede producirse en las juntas de las losas de hormigón de las capas que sirven de base al pavimento.



Agrietamiento generalizado o masivo



Agrietamiento reflejo de las juntas de las losas de base en un vía arterial urbana

El agrietamiento por hundimiento es un agrietamiento interconectado que forma una serie de polígonos generalmente con ángulos agudos y afilados en las esquinas.

Otro posible motivo de agrietamiento del firme es la existencia de un clima extremo, tanto en diferentes épocas como entre las temperaturas diurnas y las nocturnas.



Agrietamiento por hundimiento cerca de una parada de autobús, causado por las aceleraciones y frenadas de los vehículos pesados



Las temperaturas bajas conllevan un cambio de volumen de los materiales del pavimento, y tienen como resultados un agrietamiento termal

El agrietamiento debido a fallos estructurales, forma una piel de cocodrilo que es el síntoma de una fatiga estructural de la capa de rodadura u otras subcapas inferiores. Se asocia, generalmente, con una pérdida de la forma del pavimento, y con el afloramiento de finos que pueden aparecer como consecuencia de la entrada de humedad en el pavimento.

Otro lugar donde aparecen habitualmente grietas, es el eje de unión entre las diferentes franjas con que ha sido extendida la capa de mezcla bituminosa.



Agrietamiento estructural severo, que permite la filtración del agua en todas las capas del pavimento



Agrietamiento en la junta por una inadecuada localización y por deficiente construcción

Con menor frecuencia pueden observarse agrietamientos longitudinales sin un patrón exacto o con líneas paralelas sin patrón fijo.

El agrietamiento transversal mantiene un curso aproximadamente en ángulo recto con el eje central y usualmente se extiende a través de la anchura completa del pavimento. Las grietas transversales pueden ser el resultado de un agrietamiento reflejo, o el resultado de las tensiones inducidas por las contracciones debidas a las bajas temperaturas, especialmente si los laterales son duros.

2.5.2.2. *Depresiones o badenes*

Las depresiones están localizadas generalmente en todo el pavimento, y no solamente en las zonas de rodadura. Son debidas, generalmente, a fallos en los asentamientos de terraplenes, especialmente en los adyacentes a los estribos de los puentes), superficies laterales de apoyo pobremente compactadas o una débil mezcla de pavimento.



Un badén en el borde de la calzada, probablemente debido a una infiltración de aguas en el pavimento o en sus capas inferiores

2.5.2.3. Defectos de los extremos del firme

En los extremos del firme, se producen roturas de la superficie, como resultado de la falta de capacidad portante del borde del pavimento o debido a la infiltración de agua. También pueden estar motivadas por una falta de soporte adecuado o por una falta de adhesión entre la capa bituminosa y la base.

2.5.2.4. Parcheado

A veces, el parcheado que es un tratamiento superficial que permite reemplazar pequeñas áreas de la capa de rodadura, constituye un nuevo problema para la seguridad vial, bien porque la zona sufre un posterior hundimiento con la consiguiente depresión, o porque al no quedar completamente a nivel de la superficie original se producen saltos que hacen perder estabilidad al vehículo.



Un parche situado encima de un área donde el pavimento o sus capas de base han cedido

2.5.2.5. Pulido

Los áridos, naturales o de machaqueo, utilizados comúnmente para la capa de rodadura tienen una rugosidad inicial elevada, lo que produce unas fuerzas adhesivas entre los neumáticos de los vehículos y el propio pavimento. La acción continuada del tráfico, produce un pulimentado de los áridos, especialmente cuando llueve y la calzada esta húmeda. Una incorrecta selección del árido, debido a su falta de dureza o a su forma redondead, puede ser también una causa de la falta de relieve del pavimento.

2.5.2.6. Baches

Los baches son una clara muestra de un fallo estructural de la superficie del pavimento. La deflexión local puede indicar si el problema es debido a una falta de resistencia al pavimento o un problema superficial, como un inadecuado grosor. Si los baches son numerosos, puede existir un problema de sustentación de las capas de base o que la superficie del pavimento requiera una rehabilitación por envejecimiento o un uso excesivo.



Bache debido a una fisuración por fatiga



Bache debido a un problema superficial

2.5.2.7. *Falta de rugosidad y aspereza*

Aparece cuando las deformaciones se forman irregularmente a lo largo del pavimento. Los factores que contribuyen a incrementar la lisura del firme son los siguientes: depresiones, rodadas, parches, deslizamientos, corrugaciones, baches, surcos y pliegues.

2.5.2.8. *Surcos o Roderas*

Los surcos o roderas son la deformación permanente de la superficie del pavimento siguiendo las rodadas de los vehículos que circulan por encima de la misma. Es importante determinar que capa esta deslizando.



Rodera por falta adecuada de compactación



Rodera por una pobre mezcla que produce inestabilidad

2.5.2.9. *Pliegues y deslizamientos*

Los pliegues son los abultamientos de la superficie del pavimento paralela a la dirección del tráfico, y puede ocurrir, especialmente en áreas de frenada de vehículos pesados o de aceleración de los mismos, tales como semáforos, intersecciones o zonas de pendiente.

Este fenómeno puede ocurrir cuando los materiales no están adecuadamente compactados o como consecuencia de una pobreza de áridos y un exceso de finos y ligante.



Pliegues y deslizamientos de la capa de rodadura del firme

2.5.2.10. *Descascarillamiento*

Se produce por una falta de ligante en el pavimento, que permite al material dispersarse debido al tráfico que circula sobre el mismo.



Descascarillamiento por envejecimiento y en la rodada de una carretera

2.5.2.11. Desagregación

La desagregación de los áridos de la capa de rodadura, ocurre cuando se realizó un riego directamente sobre los áridos, y es producto directo del paso del tráfico.



Desagregación de una carretera recién hecha y de una con una cierta antigüedad

3. EL TRAZADO DE LA VÍA

3.1. ASPECTOS DE INTERÉS SOBRE EL TRAZADO

El trazado del camino, en planta, está compuesto de alineaciones rectas y curvas. En recta es posible lograr un movimiento uniforme del vehículo con la visibilidad precisa y, por tanto, con la máxima seguridad. La necesidad de salvar los obstáculos del terreno, obliga a intercalar curvas entre las alineaciones rectas; en ellas aparece la falta de visibilidad y la fuerza centrífuga, origen el deslizamiento transversal y peligro de vuelco. Por ello, las curvas hay que proyectarlas cumpliendo una serie de condiciones técnicas rigurosas para que no constituyan un grave riesgo para la circulación.

3.1.1. Elementos fundamentales del trazado

En la técnica vial se emplean tres tipos de alienaciones:

- Alineaciones rectas, en las que el acimut es constante y la curvatura es nula ($\rho = \infty$).
- Curvas circulares, en las que el acimut varía linealmente con el camino recorrido y la curvatura es contante ($\rho = R$).
- Curvas de transición, en los que tanto el acimut como la curvatura varían con el camino recorrido.

En resumen una carretera, considerada en planta, no es más que la combinación de rectas y curvas, ya sean estas circulares o de transición.

3.1.2. Relaciones entre el trazado de la vía y la accidentalidad

3.1.2.1. Alineaciones

- Alineación recta

La velocidad que pueden alcanzar los vehículos en las alineaciones rectas de gran longitud sólo está limitada por la inclinación de la rasante, pero se ha observado que pueden producirse accidentes debido a la monotonía de la conducción en estas condiciones.

- Curvatura horizontal

Las curvas de radio menor a 400 metros son frecuentemente puntos donde se registran con mayor frecuencia accidentes de tráfico. Si además coincide con una rampa de gran inclinación esta acumulación de accidentes crece exponencialmente.

- Curvas de transición

Algunos estudios realizados, han concluido que las curvas de transición son peligrosas porque los conductores suelen subestimar el grado de curvatura horizontal.

- Gradiente

El problema de los accidentes en rampa es, especialmente, importante en autopistas, donde incluso rampas del 4 % producen una disminución de velocidad de los vehículos pesados que puede no ser percibida a tiempo por los vehículos que circulan más rápido. La influencia de este factor se agrava si coincide con un tramo en curva con poca visibilidad.

- Distancia de visibilidad

Parece que el impacto en la seguridad vial de la disminución de los valores mínimos de los estándares para la distancia de visibilidad es bajo. A pesar de ello, existe un significativo incremento de los accidentes cuando la distancia de visibilidad baja de los 100 metros.

3.1.2.2. *Tipo de carretera*

El riesgo de sufrir un accidente de tráfico varía en función del tipo de carretera.

Así, las que presentan mejores condiciones de seguridad vial son aquellas que reducen en mayor medida las situaciones de conflicto potencial; según este criterio, se ordenan desde las **autopistas**, que tienen un mayor nivel de seguridad, hasta las más inseguras, las **carreteras convencionales**.

Debido al distinto diseño de estas vías, la tipología de accidentes también difiere. Las circunstancias de conflicto más representativas son las siguientes:

- Autopistas y autovías
 - Pérdidas de control de los vehículos, con alta incidencia de distracciones y somnolencia, que provocan salidas de la calzada.
 - La señalización y el balizamiento adquieren especial relevancia debido a las altas velocidades practicadas y al número limitado de entradas y salidas.
- Carreteras convencionales:
 - Las distancias de visibilidad, en especial en relación a la maniobra de adelantamiento y a los movimientos transversales ligados a las márgenes.
 - Las intersecciones, que deben resultar perceptibles y legibles.
 - Las travesías, la moderación de la velocidad y el tratamiento para el tránsito de peatones en condiciones de seguridad resultan indispensables.

Los mayores índices de accidentes se registran en carreteras de cuatro carriles sin mediana. Este tipo de vía suele encontrarse en zonas suburbanas, con frecuentes accesos desde sus márgenes y giros a izquierda lo que aumenta su peligrosidad.

Una característica de gran importancia para la seguridad de la circulación por carreteras es, sin lugar a duda, el control de accesos.

Mientras que en carreteras convencionales, generalmente, se registran índices algo inferiores a un accidente con víctimas por millón de vehículos por kilómetros, en las autopistas, que presentan un control de accesos total, este índice es del orden de 0,3 a 0,5. Además, el tipo de accidente cambia esencialmente. Mientras en carreteras ordinarias aproximadamente las dos terceras partes de los accidentes son colisiones de dos o más vehículos, en autopistas muchos accidentes no afectan más que a un solo vehículo, ya que desaparecen casi totalmente las colisiones frontales y embestidas.

3.1.2.3. *Elementos de la sección transversal*

- Anchura del carril

Cuando la anchura del carril se incrementa por encima del mínimo de 3 m., la tasa de accidentes decrece, ya que en carriles más estrechos se registran mayores índices.

- Anchura del arcén

Algo parecido ocurre con la anchura de los arcenes, que aportan una seguridad a la circulación hasta una medida de unos dos metros y medio, puesto que cuando son superiores pueden incrementar la accidentalidad porque se usan indebidamente como carriles de circulación, especialmente con el arcén izquierdo de las autopistas y autovías.

- Anchura de la mediana

La presencia de la mediana en una vía, especialmente cuando cuenta con barreras de protección o cuando la anchura de la misma es superior a 8 ó 10 metros, tiene el efecto de reducir e incluso impedir determinados accidentes, tales como las colisiones frontales por invasión de la calzada del sentido contrario, así como reducir la severidad de los accidentes que se producen.

- Carriles de vehículos lentos

En determinadas circunstancias, los carriles de vehículos lentos en carreteras de dos carriles, reducen significativamente las cifras de accidentalidad, que llega a cuantificarse en un 25% de disminución, según un estudio sueco sobre el impacto de los carriles lentos y el 13% de disminución en el que se cifra esa reducción según estudios llevados a cabo en el Reino Unido.

3.1.3. Incidencia de otras características de la vía en la accidentalidad

El Manual de Investigación de Accidentes de la Escuela de Tráfico afirma que es necesario conocer las relaciones que existen entre la frecuencia de los accidentes y su gravedad, y las características de los tramos en que ocurren. Entre esas características, por su importancia significativa, conviene resaltar las siguientes:

El **mal estado del pavimento** puede causar accidentes, pero también se ha observado que en carreteras de trazado tortuoso la mejora del estado del pavimento, da lugar a un aumento de los accidentes porque al poder circular los conductores con una mayor comodidad, aumentan su velocidad por encima de los límites de seguridad del trazado.

La **composición del tráfico** también interviene en las condiciones de seguridad de la circulación. Una composición heterogénea del tráfico incrementa la complejidad en la conducción al incrementarse las diferencias de velocidades entre los distintos vehículos y al obligar al conductor a tener presente de forma simultánea un mayor número de factores.

Otros aspectos con incidencia en la accidentalidad a tener en cuenta, son la **velocidad** de circulación, la **intensidad** del tráfico y la **circulación nocturna**, que por su importancia se desarrollan en el capítulo 6 del presente módulo.

3.2. CLASES DE CARRETERAS

3.2.1. Clases de carreteras

La norma 3.1.IC. de Instrucción de Carreteras (Trazado), atendiendo a las características esenciales, distingue las siguientes:

A) Según su definición legal (por la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial):

- Autopistas
- Autovías
- Vías para automóviles
- Carreteras convencionales.

B) Según el número de calzadas:

- Carreteras de calzadas separadas: Son las que tienen calzadas diferenciadas para cada sentido de circulación, con una separación física entre ambas.
- Carreteras de calzada única: Son las que tienen una sola calzada para ambos sentidos de circulación, sin separación física, independientemente del número de carriles.

C) Según el grado de control de accesos:

- Sin acceso a propiedades colindantes: Son aquellas en las que el acceso desde el exterior se realiza exclusivamente a través de enlaces o mediante entradas y salidas directas a otras carreteras.
- Con acceso limitado a propiedades colindantes: Son aquellas en las que, además de los accesos a través de los enlaces o mediante entradas y salidas directas a otras carreteras, se pueden establecer otros a través de vías de servicio con entradas o salidas específicas.
- Con accesos directos autorizados: Son aquellas en las que no existen las limitaciones establecidas en los puntos anteriores.

D) Según las condiciones orográficas:

Se tipificarán las carreteras según el relieve del terreno natural atravesado, en función de la máxima inclinación media de la línea de máxima pendiente, correspondiente a la franja original de dicho terreno interceptada por la explanación de la carretera.

- Llano: inclinación máxima del 5%.
- Ondulado: inclinación máxima entre un 5 y un 15%.
- Accidentado: máxima inclinación entre un 15 y un 25%.
- Muy accidentado: inclinación máxima superior al 25%.

E) Según las condiciones del entorno urbanístico, se considerarán como:

- Tramos urbanos: Son los que discurren en su totalidad por suelo clasificado de urbano por el correspondiente instrumento de planeamiento urbanístico.
- Tramos interurbanos: Son los no incluidos en el apartado anterior.

3.2.2. Denominación de las carreteras

A efectos de aplicación de la norma 3.1.IC., se denominan indicando la clase de carretera según su definición legal, seguido del valor numérico de la velocidad de proyecto, expresado en km/h. Las autopistas se designan como AP, las autovías como AV, las vías rápidas como R (denominación sustituida por vías para automóviles) y las carreteras convencionales como C.

3.3. TRAZADO DE PLANTA

El trazado en planta de un tramo se compondrá de la adecuada combinación de los siguientes elementos: recta, curva circular y curva de transición.

3.3.1. Rectas

La recta es un elemento de trazado que está indicado en carreteras de dos carriles para obtener suficientes oportunidades de adelantamiento.

Para evitar problemas relacionados con el cansancio, deslumbramientos, excesos de velocidad, etc., es deseable limitar las longitudes máximas de las alineaciones rectas y para que se produzca una acomodación y adaptación a la conducción, también es deseable establecer unas longitudes mínimas de estas.

3.3.2. Curvas circulares

Fijada una cierta velocidad de proyecto, el radio mínimo a adoptar en las curvas circulares se determinará en función de:

- El peralte y el rozamiento transversal movilizado.
- La visibilidad de parada en toda su longitud.
- La coordinación del trazado en planta y alzado, para evitar pérdidas de trazado.

3.3.3. Curvas de transición

Las curvas de transición tienen por objeto evitar las discontinuidades en la curvatura de la traza, por lo que, en su diseño deberán ofrecer las mismas condiciones de seguridad, comodidad y estética que el resto de los elementos del trazado.

Se adoptará en todos los casos como curva de transición la clotoide, cuya principal característica es el hecho de que su radio de curvatura disminuye proporcionalmente a la longitud de su desarrollo.

3.3.4. Coordinación entre elementos de trazado

En autopistas, autovías, vías para automóviles y carreteras C-100, cuando se enlacen curvas circulares consecutivas con una recta intermedia de longitud superior a 400 m., el radio de la curva circular de salida, en el sentido de la marcha, será igual o mayor que 700 m.

En las carreteras, cuando se enlacen curvas circulares consecutivas con una recta intermedia de longitud superior a 400 metros, el radio de la curva circular de salida, en el sentido de la marcha, será igual o mayor que 300 metros. Las clotoides contiguas a una alineación circular deberán ser simétricas siempre que sea posible. En general no podrán unirse clotoides entre sí, salvo en el caso de curvas en «S» en el que la unión se hará por sus puntos de inflexión.

3.3.5. Transición del peralte

Deberá llevarse a cabo combinando las tres condiciones siguientes:

- Características dinámicas aceptables para el vehículo.
- Rápida evacuación de las aguas de la calzada.
- Sensación estética agradable.

En general la transición del peralte se desarrollará a lo largo de la curva de transición en planta (clotoide), en dos tramos, habiéndose desvanecido previamente el bombeo que exista en sentido contrario al del peralte definitivo.

El desvanecimiento del bombeo se hará en la alineación recta e inmediatamente antes de la tangente de entrada.

3.4. TRAZADO EN ALZADO

A efectos de definir el trazado en alzado se considerarán prioritarias las características funcionales de seguridad y comodidad, que se derivan de la visibilidad disponible, de la deseable ausencia de pérdidas de trazado y de una variación continua y gradual de parámetros. Para la definición del alzado se adaptarán, salvo casos suficientemente justificados, los siguientes criterios:

En carreteras de calzadas separadas:

- La definición del alzado podrá ser común para ambas calzadas o diferente para cada una de ellas. En general el eje que lo defina coincidirá con el borde interior del carril más próximo a la mediana.

En carreteras de calzada única:

- El eje que define el alzado, coincidirá con el eje físico de la calzada (marca vial de separación de sentidos de circulación).

3.4.1. Inclinación de las rasantes

3.4.1.1. Valores extremos

Los valores máximos de inclinación de la rasante en rampas y pendientes, en función de la velocidad de proyecto (V_p), serán los siguientes:

- Carreteras con calzadas separadas:

$V_p(\text{km/h})$	Rampa (%)	Pendiente (%)

120	4	5
100	4	5
80	5	6

Valores máximos de inclinación de la rasante en carreteras con calzadas separadas

Los valores anteriores podrán incrementarse en un uno por ciento (1%) en casos suficientemente justificados.

– Carreteras convencionales:

V_p (km/h)	Inclinación máxima (%)	Inclinación excepcional (%)
100	4	5
80	5	7
60	6	8
40	7	10

Valores máximos de inclinación de la rasante en carreteras convencionales

Los valores definidos como excepcionales, podrán incrementarse en un 1% en casos suficientemente justificados, por razón del terreno (muy accidentado) o de baja intensidad de tráfico ($IMD < 3000$).

3.4.1.2. Carriles adicionales

Se establecerán carriles adicionales según lo previsto en la norma técnica 3.1.IC de trazado, cuando el nivel de servicio disminuya por debajo del fijado o cuando la velocidad del vehículo pesado tipo, disminuya por debajo de 40 km/h.

3.4.1.3. Túneles

Los túneles de longitud igual o menor de 500 metros tendrán una sola inclinación de la rasante, salvo justificación en contrario.

En carreteras de calzadas separadas, se evitarán rampas mayores del 3%, y pendientes mayores del 5%. En las de calzada única, se evitarán inclinaciones de rasante mayores del 3%.

Cuando la longitud del túnel sea mayor de 500 metros, la inclinación de la rasante será objeto de un estudio específico. En cualquier caso, salvo justificación en contrario, el trazado en alzado del túnel será tal que en toda su longitud la velocidad de los vehículos pesados no sea inferior a 60 km/h).

3.5. COORDINACIÓN DE LOS TRAZADOS EN PLANTA Y ALZADO

Los trazados en planta y alzado de una carretera deberán estar coordinados de forma que el usuario pueda circular por ella de manera cómoda y segura. Concretamente, se evitará que se produzcan pérdidas de trazado, definida ésta como el efecto que sucede cuando el

conductor puede ver, en un determinado instante, dos tramos de carretera, pero no puede ver otro situado entre los dos anteriores.

3.6. SECCIÓN TRANSVERSAL

La sección transversal se fijará en función de la intensidad y composición de tráfico previsible en la hora proyecto del año horizonte (20 años después de la entrada en servicio).

3.6.1. Número de carriles de la sección tipo

El número de carriles de cada calzada se fijará de acuerdo con las previsiones de la intensidad y composición del tráfico previsible, así como del nivel de servicio deseado.

En cualquier caso se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

En carreteras de calzadas separadas, no se proyectarán más de cuatro carriles por calzada ni menos de dos en la sección tipo.

En carreteras de calzada única, Se proyectarán dos carriles por calzada, uno para cada sentido de circulación.

3.6.2. Sección transversal en planta recta y curva

3.6.2.1. Elementos y sus dimensiones

En una sección transversal, los elementos que la forman son los carriles, los arcenes y las bermas. Sus dimensiones se ajustarán a los valores que se indican en la tabla siguiente, extraída de la norma técnica 3.1.IC.

DIMENSIONES DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL							
Clase de Carretera		Velocidad de proyecto (km/h)	Carriles (m)	Arcén (m)		Bermas (m)	
				Ext	Int	Mín	Máx (****)
<u>De calzadas separadas</u>		120	3,5	2,5	1,0-1,5(*)	0.75	1,5
		100	3,5	2,5	1,0-1,5(*)	0,75	1,5
		80	3,5	2,5	1,0	0,75	1,5
<u>Calzada única</u>	<u>Carreteras Convencionales</u>	100	3,5	2,5		0,75	1,5
		80	3,5	2,5		0,75	1,5
		100	3,5	1,5-2,5		0,75	1,5
		80	3,5	1,5 (***)		0,75 (**)	1,5 (**)

Tabla con los valores para los elementos de la sección transversal

(*) El valor 1,5 se exigirá para medianas en las que, de forma continuada, la barrera esté adosada al arcén.

(**) Para carreteras en terreno muy accidentado y con baja intensidad de tráfico podrá reducirse o desaparecer la berma.

(***) Para las mismas carreteras, se podrá reducir la dimensión del arcén en 0,5 metros como máximo.

(****) Salvo justificación en contrario: visibilidad, sistemas de contención de vehículos, etc.

3.6.2.2. Mediana

Las características de la mediana se fijarán a partir del preceptivo estudio. En cualquier caso la anchura mínima de la mediana será:

- Cuando se prevea la ampliación del número de carriles a expensas de la mediana:
 - Diez metros (10 m) si la velocidad de proyecto es 100 ó 120 km/h.
 - Nueve metros (9 m) si la velocidad de proyecto es 80 km/h.
- Cuando no se prevea la ampliación del número de carriles a expensas de la mediana, 2 m.
- En casos excepcionales debidamente justificados (estructuras singulares) 1 m.

3.6.2.3. Bombeo en recta

El bombeo de la plataforma en recta se proyectará de modo que se evacuen con facilidad las aguas superficiales, y que su recorrido sobre la calzada sea mínimo. Para ello se utilizarán los siguientes criterios:

- La calzada y los arcenes se dispondrán con una misma inclinación transversal mínima del 2% hacia un solo lado en carreteras con calzadas separadas y hacia cada lado a partir del eje de la calzada en carreteras de calzada única. En zonas en que la pluviometría lo aconseje, por la frecuencia o intensidad de las precipitaciones, podrá justificarse aumentar la inclinación transversal mínima al 2,5%.
- Las bermas, se dispondrán con una inclinación transversal del 4% hacia el exterior de la plataforma.

3.6.2.4. Pendientes transversales en curva

En curvas circulares y de transición la pendiente transversal de la calzada y arcenes coincidirá con el peralte. Las bermas tendrán una pendiente transversal del 4% hacia el exterior de la plataforma.

En todos los casos se estudiará el desagüe en el margen interior de la curva.

3.6.2.5. Sobreancho en curvas

En alineaciones circulares de radio inferior a 250 metros, el ancho total en metros de cada carril será el resultado de aplicar la siguiente fórmula:

$$3,5 + \frac{l^2}{2 R_h}$$

Siendo:

- l = longitud del vehículo, medida entre su extremo delantero y el eje de las ruedas traseras (Salvo casos excepcionales se considerará el valor $l = 9$ m).
- R_h = radio del eje en la curva horizontal (m).

3.6.2.6. *Taludes, cunetas y otros elementos*

Los taludes, cunetas, y elementos de dotación vial (señalización, balizamiento, defensa e iluminación), se dispondrán según lo establecido en la normativa vigente.

3.6.2.7. *Altura libre*

La altura libre mínima bajo pasos superiores sobre cualquier punto de la plataforma no será inferior a 5,30 metros en carreteras interurbanas y a 5 metros en urbanas. La altura libre mínima bajo pasarelas, pórticos o banderolas, sobre cualquier punto de la plataforma, no será inferior a 5,50 metros.

En túneles la altura libre no será inferior a 5 metros en ningún punto de la plataforma ni en las zonas accesibles a los vehículos.

3.6.3. Secciones transversales especiales

Se considerarán secciones transversales especiales los túneles, las obras de paso, los carriles adicionales, de cambio de velocidad o de espera, las confluencias y bifurcaciones, los lechos de frenado y los pasos de mediana.

Sin perjuicio de otras limitaciones más restrictivas y salvo justificación, no podrá realizarse ningún tipo de conexión, nudo o glorieta en la calzada, ni modificación del número de carriles, en los 250 metros, anteriores o posteriores, del inicio y final de un tramo afectado en toda su longitud por cualquiera de las secciones transversales reseñadas, a excepción de los pasos de mediana.

3.6.3.1. *Túneles*

En los túneles, salvo justificación en contrario, se adoptarán secciones que vayan desde los 10 metros para carreteras convencionales, que contarán con una zona intermedia entre los carriles de circulación de un metro de anchura (arcén 1 m + carril 3,5 m + zona intermedia 1 m + carril 3,5 m + arcén 1 m), hasta los 10,5 metros para carreteras con calzadas separadas con dos carriles (arcén 1 m + 2 carriles de 3,5 m + arcén 2,5 m).

A ambos lados se dispondrán aceras elevadas de 75 centímetros de ancho, aunque no se permita el tránsito de peatones.

En los túneles de corta longitud, se estudiará la no disminución del ancho de los arcenes y la supresión de la zona intermedia.

3.6.3.2. *Carriles adicionales en rampa y pendiente*

En rampa y pendiente se ampliará la plataforma añadiendo un carril adicional, cuando el nivel de servicio disminuya por debajo del fijado en el año horizonte. La ampliación se podrá realizar por la derecha (carriles para circulación lenta) o por el centro (carriles para

circulación rápida), de tal forma que los carriles de las secciones anteriores mantengan su continuidad y alineación.

Además de lo anterior, en carreteras de calzada única se ampliará la plataforma si la velocidad del vehículo pesado tipo, en la rampa o pendiente disminuye por debajo de 40 km/h.

Siempre que se amplíe la plataforma para disponer un carril adicional, se mantendrán las dimensiones de los arcenes y las bermas.

3.6.3.3. Carriles centrales para giros a la izquierda

Los carriles centrales tendrán en todos los casos un ancho de 3,50 metros y podrán ser de dos tipos: de espera y de aceleración.

El carril central de espera, comenzará con una cuña de transición, y la longitud de la zona de almacenamiento y espera, se determinará en función de los tráfico de las calzadas principal y secundaria. En cualquier caso, dicha longitud será mayor o igual que 15 metros.

3.7. NUDOS

Se denominan nudos, a las zonas en la que se cruzan dos o más vías, constituyendo así pues una parte esencial de la red viaria, al permitirse y facilitarse en ellos el cambio de vía y de dirección. Una adecuada disposición de los tramos de la red (carreteras convencionales, vías para automóviles, autovías y autopistas) y de sus nudos permitirá atender a un máximo de itinerarios con un mínimo de elementos, en condiciones de comodidad y seguridad.

Los nudos se recorren a una velocidad bastante inferior a la de los tramos que a ellos acceden, llegándose incluso a la detención. Por ello, los nudos son unos puntos críticos en cuanto a capacidad y seguridad. A la disminución de la capacidad y del nivel de servicio asociado a una circulación discontinua, se añade una peligrosidad confirmada por las estadísticas. Aproximadamente la mitad de los accidentes con víctimas en las zonas urbanas tienen lugar en sus nudos; fuera de poblado, dicho porcentaje es del orden del 15 ó el 20%, pero hay que tener en cuenta la menor frecuencia de los nudos. Una tercera parte de los tramos de concentración de accidentes de una red viaria, contienen un nudo.

Los nudos se clasifican en:

Intersecciones, cuando todos los movimientos de cruce se realizan al mismo nivel.

Enlaces, cuando al menos uno de los movimientos de cruce se realiza a distinto nivel.

La selección entre intersección y enlace se hará teniendo en consideración lo siguiente:

- En carreteras de calzadas separadas y vías para automóviles sólo se dispondrán enlaces.
- En carreteras convencionales, se determinará en base a un estudio específico.

Para conseguir que un nudo funcione adecuadamente, hay que tener en cuenta las posibilidades y limitaciones de sus usuarios: vehículos y conductores y eventualmente, los peatones.

La ordenación de la circulación y de la señalización, han de ser tenidas en cuenta desde el principio del diseño, ateniéndose a dos criterios principales: sencillez y uniformidad.

La sencillez exige que todos los movimientos permitidos resulten fáciles y evidentes, mientras que los movimientos prohibidos o no deseados deben resultar difíciles de realizar. Hay que evitar los diseños complejos que requieren unas decisiones complicadas por parte de los conductores, o la dispersión de su atención entre varios puntos de conflicto a la vez.

3.7.1. **Ramales**

Un ramal, es la vía que une las carreteras que confluyen en un nudo, para permitir los distintos movimientos de los vehículos.

El ancho de los ramales de enlace vendrá definido por los siguientes valores:

- Ramales de un solo sentido: Su plataforma total tendrá un mínimo de 6,5 metros, correspondiendo 1,5 metros al arcén derecho, 1 metro al arcén izquierdo y 3,5 metros al carril,
- Ramales de doble sentido: Su plataforma total tendrá un mínimo de 9 metros, correspondiendo 3,5 metros 3,5 metros a los carriles y teniendo los arcones la anchura mínima del mayor de los arcones de las carreteras que confluyen.

3.7.2. **Las glorietas**

Las glorietas son unas intersecciones especiales en las que los vehículos se insertan en una calzada prioritaria cuya forma es anular.

Son la solución más frecuente para regular un nudo con varias corrientes de tráfico, en las zonas urbanas y peri urbanas, donde son frecuentes los tramos de similar importancia y donde no importa que los vehículos disminuyan su velocidad incluso hasta detenerse.

Consisten en una calzada anular, por la que se circula en sentido antihorario alrededor de una isleta central. Los vehículos que pretenden entrar en esta calzada deben ceder el paso a quienes ya se encuentran en ella; luego la abandonan al llegar a la salida que les interesa.

Con este tipo de nudo se pueden alcanzar unas capacidades incluso superiores a las de una intersección canalizada, especialmente en los enlaces, donde al encontrarse la glorieta a distinto nivel de la vía principal, se impide la interrupción de la continuidad en la circulación.

El ángulo de entrada a la glorieta no debe ser ni demasiado grande (para evitar los fenómenos de cruce) ni demasiado pequeño (para evitar una inserción a demasiada velocidad). También conviene aumentar el número de carriles de entrada a la calzada y de salida de la misma, y así facilitar un movimiento simultáneo y la transición del nudo.

La isleta central debe ser circular y de un diámetro en general, no superior a 35 metros, pues de lo contrario, se favorece en la calzada anular una velocidad elevada, que disminuye los huecos entre los vehículos y puede resultar peligrosa. La anchura de la calzada anular debe ser algo superior a la que tendría si fuera recta, pues hay que tener en cuenta el sobreancho en curva.

4. SEÑALIZACIÓN DE LAS VÍAS

4.1. INTRODUCCIÓN

El Reglamento General de Circulación considera que la señalización se ha de regular en base a los siguientes apartados:

- 1. Señales y órdenes de los agentes,
- 2. Paneles de mensaje variable,
- 3. Señales de balizamiento,
- 4. Semáforos,
- 5. Señales verticales de circulación, y
- 6. Marcas viales.

Dentro de la normativa sobre señalización del Ministerio de Fomento, se resalta:

- Señalización Vertical, Norma 8.1-IC.
- Señalización Horizontal, Norma 8.2-IC.
- Elementos de Señalización, Balizamiento y Defensa de las Carreteras, PG-3.

En el ámbito local, la Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP) ha venido dictando una serie de normas y recomendaciones para conseguir la homogeneidad en la señalización urbana, tanto vertical como horizontal:

- Catálogo oficial de señales urbanas editado por la FEMP (1984).
- Recomendaciones para la Señalización Vertical y horizontal en áreas urbanas, efectuadas por la Comisión de Circulación y Transportes de la FEMP.
- Manual de Recomendaciones sobre señales informativas urbanas de la Asociación de Ingenieros Municipales y Provinciales de España (AIMPE), revisión 1996.

Aun así por la vía de hecho o de derecho, los Ayuntamientos españoles consiguen establecer señales autóctonas que rompen la necesaria homogeneidad de la señalización.

Una de las principales tareas a acometer en una investigación técnica sobre un accidente, es la comprobación de si la señalización de la vía y los materiales utilizados en ella cumplen con lo establecido en las diferentes normas técnicas.

4.2. SEÑALIZACIÓN VERTICAL

4.2.1. Introducción

4.2.1.1. Definiciones y ámbito de aplicación

El contenido de la Norma 8.1-IC., se refiere a la señalización vertical de las carreteras, no estando incluida en la misma, la señalización de obras, ni siendo de aplicación a vías urbanas, excepto en travesías. En un sentido amplio, la señalización vertical comprende un conjunto de elementos destinados a informar y ordenar la circulación por las mismas.

Por señal se designa a uno de estos elementos, compuesto por:

- Unos símbolos o leyendas.
- La superficie en que están inscritos, generalmente una placa.

Un cartel está formado por un conjunto de lamas, debido generalmente a sus mayores dimensiones con respecto a la señal.

A fin de facilitar la interpretación de las señales o carteles, se añaden a veces indicaciones en paneles complementarios, generalmente de forma rectangular y menores dimensiones que la señal o cartel a que acompañan.

Según el Catálogo Oficial de Señales de Circulación y atendiendo a su funcionalidad, las señales y carteles se clasifican en:

- Señales de **Advertencia de Peligro**, cuya forma es generalmente triangular. Se designan por la letra P seguida de un número comprendido entre el 1 y 99.
- Señales de **Reglamentación**, cuya forma es generalmente circular. Se designan por la letra R seguida de un número, y a su vez se clasifican en:
 1. De prioridad (número inferior a 100).
 2. De prohibición de entrada (número entre 100 y 199).
 3. De restricción de paso (número entre 200 y 299).
 4. Otras de prohibición o restricción (número entre 300 y 399).
 5. De obligación (número entre 400 y 499).
 6. De fin de prohibición o restricción (número superior a 500).
- Señales o carteles de **Indicación**, cuya forma es generalmente rectangular. Se designan por la letra S seguida de un número, y a su vez se clasifican en:
 1. De indicaciones generales (número inferior a 50).
 2. Relativas a carriles (número entre 50 y 99).
 3. De servicio (número entre 100 y 199).
 4. De orientación, a su vez subdivididos en:
 - De preseñalización (número entre 200 y 299).
 - De dirección (número entre 300 y 399).
 - De localización (número entre 500 y 599).
 - De confirmación (número entre 600 y 699).
 - De uso específico en zona urbana (número entre 700 y 799).
 5. Otras señales (número superior a 900).
 6. Paneles complementarios. Se designan también por la letra S seguida de un número, comprendido entre 400 y 499, si se trata de cajetines de identificación de carreteras, y entre 800 y 899, en los demás casos.

Principios básicos

La señalización persigue tres objetivos, aumentar la **seguridad**, la **eficacia** y la **comodidad** de la circulación.

Para ello, advierte de los posibles peligros, ordena la circulación, recuerda o acota algunas prescripciones del RGC y proporciona al usuario la información que precisa.

Los principios básicos de la buena señalización son:

La **claridad**, que impone transmitir mensajes fácilmente comprensibles.

La **sencillez**, que exige que se emplee el mínimo número posible de elementos.

La **uniformidad**, que se refiere no sólo a los elementos en sí, sino también a su implantación y a los criterios que la guíen.

La señalización debe entenderse como una ayuda a la circulación que facilita el buen uso de la red de carreteras, pero que en ningún momento puede considerarse como una garantía de seguridad o de información ni puede sustituir a la conducción responsable.

4.2.2. Características de los elementos de señalización vertical

4.2.2.1. Dimensiones

Las señales que hayan de ser vistas desde un vehículo en movimiento tendrán el tamaño indicado en la figura, según la clase de carretera de que se trate, pudiéndose utilizar otro tamaño previa justificación.

Autopista Autovía Vía rápida	 1.750	 1.200	 1.200	 1.200	 1.200
Carretera convencional con árcen	 1.350	 900	 900	 900	 900
Carretera convencional sin árcen	 900	 600	 600	 600	 600

Tamaño de las señales verticales

4.2.2.2. Colores

Los colores en los carteles flecha y en los carteles de orientación, se ajustarán en autopistas y autovías a un fondo de color azul con caracteres blancos y en carreteras convencionales al fondo blanco con caracteres en color negro, con la excepción de las salidas de una carretera, que tendrán los colores de la clase de vía hacia la que se dirija dicha salida inmediata o en las de preseñalización de carreteras de orden superior a la utilizada.

Los paneles direccionales tendrán franjas blancas sobre fondo azul oscuro.

4.2.2.3. Determinación de su luminancia. Retrorreflectancia

Todos los elementos (fondo, caracteres, orlas, flechas, etc.) de una señal, cartel o panel complementario cuyo destino sea el de ser visto desde un vehículo en movimiento, excepto los de color negro o azul oscuro, deberán ser retrorreflexivos en su color.

La selección del nivel de retrorreflexión más adecuado, para cada señal vertical de circulación, se realizará en función de sus características específicas y de su ubicación.

4.2.3. Criterios de implantación

4.2.3.1. Visibilidad

Visibilidad fisiológica

Se considera que la máxima distancia a la que se puede leer un mensaje es igual a 800 veces la altura de la letra o símbolo.

Visibilidad geométrica

Se define como la máxima distancia, medida sobre la vía, en la que la visual dirigida por el conductor hacia una señal se halla libre de obstáculos que la intercepten y, asimismo, mientras las visuales no formen un ángulo superior a 10° con el rumbo del vehículo.

Esta distancia no será inferior a la mínima necesaria para que un conductor que circule a la velocidad máxima establecida pueda percibir la señal, interpretar su mensaje, decidir la maniobra y, en su caso, ejecutarla total o parcialmente.

4.2.3.2. Posición longitudinal

Las señales de advertencia de peligro se colocarán, en general, entre 150 y 250 metros antes de la sección donde se pueda encontrar el peligro que anuncien, habida cuenta de la velocidad de recorrido, de la visibilidad disponible, de la naturaleza del peligro y, en su caso, de la maniobra necesaria.

Las señales de reglamentación se situarán, normalmente, en la sección donde empiece su aplicación, reiterándose a intervalos correspondientes a un tiempo de recorrido del orden de un minuto, y especialmente después de una entrada o convergencia.

4.2.3.3. Posición transversal

Se evitará que unas señales o carteles laterales perturben la visibilidad de otros, o que lo hagan otros elementos situados cerca del borde de la plataforma.

Autopistas y autovías

Las señales y carteles laterales se colocarán de forma que su borde más próximo diste al menos 3 metros del borde exterior de la calzada, y 0,7 m. del borde exterior del arcén.

Con restricciones de espacio, el borde más próximo de una señal se podrá colocar a un mínimo de 0,7 m. del borde de la restricción más próxima a la calzada, siempre que con ello no se disminuya la visibilidad disponible.

Todas las señales de advertencia de peligro y reglamentación se colocarán en ambas márgenes, a excepción de las señales P-1 a P-1d, que solo se situarán en el margen derecho.

Vías para automóviles

La señalización se efectuará como se ha reseñado en el apartado anterior, si la vía dispone de dos carriles en el sentido que se señala. Donde haya un solo carril por sentido, deberá respetarse en todo caso la distancia mínima al borde exterior de la calzada de 3 m., y

Carreteras convencionales con arcén $> 1,5$ m: 1,8 m

Carreteras convencionales con arcén $< 1,5$ m: 1,5 m

En zona urbana, si la señal se situase sobre zonas destinadas a la circulación de peatones, la diferencia de cota entre el borde inferior y dicha zona no será inferior a 2,2 m.

Carteles flecha

En intersecciones en que pudieran constituir un obstáculo a la visibilidad, los carteles flecha deberán dejar totalmente libre la altura comprendida entre 0,9 y 1,2 m. sobre la calzada.

Donde hubiera garantías de que no serán ocultados por vegetación (por ejemplo, en isletas pavimentadas o aceras) las señales de destino se podrán colocar de forma que su borde superior no rebase una altura de 0,9 m sobre la calzada.

Carteles situados sobre la calzada

Salvo en casos de gálibo restringido, el borde inferior del cartel no estará a menos de 5,5 m. del pavimento de la calzada.

4.2.3.5. Protecciones

Se instalarán sistemas de contención de vehículos protegiendo los soportes de carteles de preseñalización, pórticos y banderolas, conforme a la normativa específica.

En narices de divergencias se evitará colocar soportes de pórticos o banderolas y, donde resultase inevitable su colocación, se protegerán de acuerdo con la normativa específica.

4.2.4. Señalización de nudos de la red viaria

4.2.4.1. Cruces

La ordenación de la circulación en cruces a nivel o en convergencias se podrá hacer estableciendo una prioridad fija de paso para una de las dos trayectorias que se cruzan o convergen (que se denominará principal) sobre la otra (que se denominará secundaria), o alternando dicha prioridad en el tiempo mediante un semáforo.

Excepto en cruces con vías sin pavimentar, las prioridades fijas deberán estar explícitamente señalizadas. La ordenación de la circulación en la trayectoria secundaria podrá obligar a su detención en todo caso («STOP»), o sólo si interfiriese con la circulación de un vehículo por la trayectoria prioritaria («Ceda el paso»).

La decisión de establecer una prioridad alternativa por medio de semáforos, fuera de poblado y donde fuera posible una velocidad de aproximación superior a 50 km/h, debe estar muy justificada, ya que implica la pérdida temporal de la prioridad de los vehículos que circulen por la trayectoria principal que, normalmente, forma parte de un itinerario de largo recorrido, por lo que podrán tener que detenerse inopinadamente, con el consiguiente peligro de alcance. En estos casos, se estudiarán todas las alternativas posibles de ordenación de la circulación antes de tomar la citada decisión, y se garantizará que la velocidad de aproximación no rebase 50 km/h desde 75 m antes del primer semáforo.

4.2.4.2. *Glorietas*

La presencia de una glorieta debe ser advertida en todos sus accesos, por medio de una señal P-4 situada a unos 200 m. de la línea de ceda el paso fuera de poblado, y a distancias menores en zona urbana o suburbana.

La obligación de ceder el paso a los vehículos que circulen por la calzada anular se señalizará con una señal R-1, en correspondencia con la marca vial M-4.2 (línea de ceda el paso) de la Norma 8.2-IC «Marcas viales», duplicándose esta señal sobre la isleta deflectora situada a la izquierda de la entrada cuando se acceda por 2 o más carriles.

Frente a cada entrada se colocará una señal R-402 en la isleta central.

4.2.5. **Señalización y balizamiento de curvas**

4.2.5.1. *Principios*

La seguridad de la circulación en curvas requiere no sobrepasar cierta velocidad. Si, para ello, el conductor precisase reducir demasiado la velocidad de aproximación, deberá valorar la situación con suficiente antelación, para no tener que frenar bruscamente y perder el control de su vehículo.

La utilización de un balizamiento, de señales de advertencia de peligro, de señales de indicación de la velocidad máxima aconsejada, o de una combinación de todos estos elementos debe ayudar al conductor a tomar sus propias decisiones. Sólo se recurrirá a señales de limitación de velocidad donde no se disponga de la visibilidad necesaria para poder reducirla con el fin de hacer frente a otras circunstancias (paso a nivel, intersección sin prioridad, etc.) en las que pudiera haber vehículos detenidos.

4.2.5.2. *Grado de la curva, señalización y balizamiento*

La señalización y el balizamiento que se debe disponer en una curva nos vendrá determinado por la diferencia entre la velocidad de aproximación y la velocidad en la curva, así como por el radio y desarrollo de la citada curva. Al conocer dichas velocidades, se tendrán que señalar los escalones de velocidad necesarios para pasar de una a otra, teniendo en cuenta que al existir la posibilidad de que la velocidad de aproximación sea mayor de la legal, el primer escalón se debe establecer con una diferencia mínima, a ser posible de 20 km/h o como máximo de 30 km/h.

Estas limitaciones de velocidad se deben efectuar por medio de señales de velocidad aconsejada S-7, excepto en curvas que por su peligrosidad o características especiales requieran la utilización de señales de velocidad máxima permitida, R-301. La limitación de velocidad irá acompañada por la señal de curva peligrosa, P-13, siempre que la diferencia entre la velocidad de aproximación y la velocidad máxima en la curva sea mayor de 30 km/h.

Asimismo y para mejorar la seguridad vial, se colocarán paneles direccionales a todo lo largo de la curva con el fin de que el conductor pueda apreciar fácilmente su trazado. Estos paneles serán siempre sencillos, aunque el primero sea doble o triple y se situarán guardando una distancia entre ellos del orden de 20% del radio de la curva y en todo caso igual o superior a 10 m.

4.2.5.3. *Curvas enlazadas*

Se instalarán señales de curvas peligrosas (P-14) antes de una sucesión de curvas, si la diferencia entre la velocidad de aproximación y la velocidad en la curva que se aborde en primer lugar fuera superior a 15 km/h y, a consecuencia de la velocidad de dicha curva y de la proximidad de la siguiente, la diferencia entre la velocidad de aproximación y la velocidad para esta última curva resultase inferior a 15 km/h.

4.2.6. **Señalización de velocidad máxima**

4.2.6.1. *Principios*

Para ser respetadas y exigibles, las limitaciones de velocidad deben parecer razonables, y no innecesariamente restrictivas. No se impondrán límites excesivos que perjudiquen la credibilidad de la señalización, tengan repercusiones en la capacidad de la carretera, o provoquen accidentes por alcance o formación de colas.

Los límites de velocidad serán, en todo caso, múltiplos de 10 km/h.

Con el fin de que realmente se reduzca la velocidad la señalización se podrá complementar estrechando los carriles, en función de la velocidad limitada.

4.2.6.2. *Travesías*

En travesías, la velocidad máxima genérica es de 50 km/h, aunque justificadamente se podrán señalar limitaciones diferentes.

Así, se podrá establecer una limitación inferior entre otros casos, cuando la anchura de los carriles sea menor de 3,5 m., cuando la distancia entre la calzada y las fachadas sea inferior a 3 m., o cuando haya presencia de numeros pasos para peatones.

4.2.6.3. *Señalización*

En poblados, se considerará que la señal S-500, situada al comienzo de aquéllos, implica una prohibición zonal de circular a más de 50 km/h. En la red de carreteras del Estado, su acción se complementará mediante limitaciones específicas o de carácter lineal, por medio de señales R-301, la última de las cuales deberá estar unos 50 m antes de la S-500.

En todos los casos, las señales de velocidad limitada R-301 o recomendada S-7 se considerarán de aplicación a partir de la sección en la que estén instaladas. Por lo tanto, la primera señal deberá ser vista desde una distancia tal, que a su altura la velocidad haya disminuido desde la de aproximación a un valor no superior al por ella indicado, en las condiciones previstas en el apartado 2.6.1.

Las reducciones de velocidad que sean superiores a 40 km/h exigirán varias señales, que se escalonarán de manera que el intervalo de velocidades entre ellas sea menor al principio y mayor al final. En tramos muy largos o de trazado confuso, se recomienda reiterar la limitación de velocidad.

Toda limitación específica de velocidad deberá anunciar su final mediante una señal R-501, situada en la sección a partir de la cual aquélla deje de ser exigible.

La señal S-510 se instalará donde acabe el poblado y significa, por sí misma, el fin de limitación de velocidad a 50 km/h.

4.2.7. **Señalización sobre adelantamiento**

4.2.7.1. *Principios*

En carreteras de calzada única y doble sentido de circulación, en las que para adelantar a otro vehículo más lento haya que invadir un carril reservado al sentido contrario, a efectos de la ordenación de la circulación se definirán:

- Tramos de adelantamiento permitido.
- Tramos de preaviso, dentro de los cuales no se debe iniciar un adelantamiento, pero sí se puede completar uno iniciado con anterioridad.
- Tramos de prohibición de adelantamiento, dentro de los cuales no se debe invadir el carril contrario.

La definición de tramos de preaviso y de prohibición de adelantamiento se atenderán a lo dispuesto sobre ellos, por la Norma 8.2-IC «Marcas viales».

4.2.7.2. *Señalización*

Al principio de un tramo de prohibición del adelantamiento se situarán dos señales R-305, una a cada lado de la calzada, y en su final una señal R-502.

4.2.7.3. *Adelantamiento prohibido para camiones*

En aquellas rampas en las que por razones de capacidad o con intensidades de tráfico elevadas se considere necesario, se prohibirá a los camiones adelantar por medio de dos señales R-306 que se reiterarán a intervalos no superiores a 2 km. Se anulará la prohibición por medio de una señal R-503.

4.2.8. **Otros casos de señalización**

4.2.8.1. *Pasos a nivel*

La presencia del paso a nivel de una vía de ferrocarril se advertirá mediante una señal P-7 si tuviera barreras, o P-8 en caso contrario, situada a ambos lados de la calzada, a una distancia de 200 m del paso a nivel y colocadas sobre señales P-9a (ladoderecho) o P-10a (lado izquierdo).

A 150 m. del paso a nivel se dispondrán balizas P-9b y P-10b, y a 100 m. balizas P-9c y P-10c, así como las R-301 de limitación de velocidad a 70 km/h o a la que esté limitado en el tramo, si fuese inferior.

En las carreteras de dos carriles y doble sentido de circulación se prohibirá a 100 m. el adelantamiento, colocando señales R-305 sobre las señales P-9c y P-10c, a no ser que las circunstancias locales aconsejen disponer prohibiciones más largas y a 50 m. se colocarán señales R-301 de limitación de velocidad a 40 km/h.

En pasos a nivel sin barreras se dispondrán además señales P-11 o P-11a a ambos lados, a una distancia no superior a 4 m del raíl más próximo de la vía férrea, así como señales de STOP en ambos márgenes.

4.2.8.2. *Perfil irregular*

Se indicará, mediante las señales P-15 (perfil irregular), P15a (resalto) o P-15b (badén) complementada en su caso, por un panel de distancia, el peligro representado, para franquearlo con seguridad cuando sea preciso reducir la velocidad de aproximación en más de 30 km/h.

4.2.8.3. *Inclinación excesiva de la rasante*

La presencia de rampas superiores a una media del 8%, y de pendientes cuya inclinación supere el 4% en determinadas longitudes, se advertirán mediante las señales P-16. La cifra indicativa de la inclinación media de la rasante, en tanto por ciento, se redondeará al entero más próximo.

4.2.8.4. *Restricciones de gálibo*

Estrechamiento de calzada

El peligro representado por una disminución permanente de la anchura normal de la calzada en más de 25 cm. por carril, donde se mantenga el número de carriles, pero se estrechen todos o alguno de ellos, se advertirá por medio de una señal P-17 en el primer caso, y P-17a o P-17b (según el lado del carril que se estreche) en el segundo.

Se balizará la restricción si ésta fuera peligrosa, y se limitará la velocidad dependiendo de la anchura de los carriles.

Si, además, se estableciera una ordenación de la circulación en sentido único alternativo, se dispondrá también una señal R-6 en el sentido prioritario (que será en general, el que corresponda al carril menos estrechado), y una R-5 en el no prioritario.

Altura limitada

Donde la altura disponible sobre la plataforma sea inferior a 40 m., se señalizará la limitación por medio de una señal R-205, colocada de manera que se disponga de espacio suficiente para que los vehículos que excedan de dicha altura se puedan desviar por otro camino o, en su caso, dar la vuelta.

4.2.8.5. Pavimento deslizante

Si se advirtiera que en un tramo de carretera su pavimento pudiera resultar muy deslizante se indicará mediante señales P-19, eventualmente complementadas por un panel de longitud, y reiteradas a intervalos de un minuto de recorrido.

4.2.8.6. Pasos para peatones y ciclistas

Sin prioridad

En poblados dependiendo de las condiciones desfavorables para los peatones y ciclistas y, en todo caso, fuera de poblado, se recomienda advertir a los conductores de la proximidad de un tramo con paso frecuente de peatones o ciclistas mediante las señales P-20 o P-22 respectivamente.

Con prioridad

- Para implantar un paso para peatones con prioridad para éstos se deberán reunir todas las condiciones siguientes: Que el paso esté situado en un poblado.
- Que las intensidades de circulación, tanto de vehículos como de peatones, no bajen de las que aconsejarían la instalación de un semáforo.

Si estuviera permitido el estacionamiento en el poblado, se prohibirá desde al menos 10 m. antes del paso para peatones. Se recomienda disponer una iluminación específica o reforzar la iluminación general existente.

La señal S-13 se colocará entre 0,5 y 1 m antes del paso de peatones, de forma que sea visible desde más de 30 m. En calzadas de sentido único, se ubicarán en ambos márgenes.

4.3. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

El contenido de la Norma técnica 8.1.IC, se refiere a las marcas viales de las carreteras, que son las líneas o figuras aplicadas sobre el pavimento, que tienen por misión satisfacer entre otras funciones, las de delimitar los carriles de circulación y separar los sentidos de circulación, delimitar zonas excluidas a la circulación regular de vehículos o reglamentar la circulación.

4.3.1. Color

4.3.1.1. Blanco

Las marcas viales serán, en general, de color blanco.

4.3.1.2. Amarillo

Serán de este color las marcas viales, continuas o discontinuas, colocadas en un bordillo o junto al borde de la calzada o de la zona peatonal, para indicar prohibición o restricción de la parada o del estacionamiento.

También serán de color amarillo las líneas en zigzag que podrán emplearse para indicar lugares donde el estacionamiento este prohibido y que generalmente están reservados para algún uso especial.

Asimismo, serán de este color las marcas de cuadrícula, que recuerdan la prohibición de bloquear una intersección.

4.3.1.3. Azul

Podrán utilizarse marcas viales de color azul para delimitar una zona de estacionamiento en el que la duración del mismo esta limitada, debiendo indicar el conductor de forma visible la hora de comienzo del mismo.

4.3.2. Grupos

A los efectos de la presente norma, las marcas viales se clasifican en siete grupos:

Longitudinales discontinuas, longitudinales continuas, longitudinales continuas adosadas a discontinuas, transversales, flechas, inscripciones y otras marcas.

4.3.2.1. Marcas longitudinales discontinuas

Una marca longitudinal discontinua en la calzada significa que ningún conductor debe circular con su vehículo sobre ella, salvo cuando sea necesario y la seguridad de la circulación lo permita, en calzada con carriles estrechos (menos de 3 metros).

Dependiendo del grosor y longitud de las marcas, así como de la distancia existente entre ellas, puede tener las siguientes funciones:

1. Separación de carriles normales (del mismo o distinto sentido),
2. Separación de carriles reversibles,
3. Separación de carriles de entrada o salida,
4. Separación de carriles especiales (tráfico lento, carril bus y taxi),
5. Preaviso de una bifurcación,
6. Preaviso de marca continua o de peligro,
7. Borde de calzada (la anchura de la marca vial no contará en la calzada),
8. Guía en intersección, y
9. Contorno de isleta franqueable.

4.3.2.2. Marcas longitudinales continuas

Una línea continua (o una doble línea continua) sobre la calzada significa que ningún conductor debe atravesarla ni circular sobre ella. Cuando la marca separe los dos sentidos de circulación, tampoco podrá circular por la izquierda de la misma.

Se excluyen de este significado las líneas continuas de borde de calzada.

Una marca longitudinal continua deberá tener al menos 20 metros de longitud.

Puede tener las siguientes funciones:

1. Separación de carriles (del mismo o distinto sentido),
2. Separación de carriles especiales,

3. Separación de carriles de entrada o de salida,
4. Borde de calzada,
5. Contorno de isleta infranqueable,

4.3.2.3. *Marcas longitudinales continuas adosadas a discontinuas*

Cuando una marca consiste en una línea longitudinal continua adosada a otra discontinua, los conductores no deben tener en cuenta más que la línea situada del lado por el que circulan. Esta disposición no impide que los vehículos que hayan efectuado un adelantamiento vuelvan a su derecha.

Tiene las siguientes funciones:

1. Regulación del adelantamiento en calzada con doble sentido de circulación, y
2. Ordenación del cambio de carril entre carriles del mismo sentido,

4.3.2.4. *Marcas transversales*

Marcas transversales continuas

Una línea continua (línea de detención) dispuesta a lo ancho de uno o varios carriles del mismo sentido, indica que ningún vehículo debe franquearla, en cumplimiento de la obligación impuesta por:

- Una señal o marca vial de detención obligatoria,
- Una señal de prohibición pasar sin detenerse,
- Un paso para peatones,
- Una señal de paso a nivel,
- Un semáforo, o
- Una señal de detención efectuada por un agente de la circulación.

Marcas transversales discontinuas

Una línea discontinua dispuesta a lo ancho de uno o varios carriles indica que, salvo en circunstancias anormales que reduzcan la visibilidad, ningún vehículo debe franquearla, cuando tengan que ceder el paso en cumplimiento de la obligación impuesta por:

- Una señal o marca de ceda el paso,
- Por una flecha verde de giro en un semáforo, o
- Cuando no haya ninguna señal de prioridad, por aplicación de las normas que rigen esta.

Dichas marcas transversales discontinuas pueden consistir en:

1. Línea de ceda el paso,
2. Marca de paso para peatones, o
3. Marca de paso para ciclistas.

4.3.2.5. *Flechas*

Flecha de dirección o de selección de carriles

Una flecha pintada en una calzada dividida en carriles por marcas longitudinales significa que todo conductor debe seguir con su vehículo el sentido o uno de los sentidos indicados en el carril por el que circula.

Su función es indicar el movimiento o movimientos permitidos u obligados a los conductores que circulan por ese carril en el próximo nudo.

Las flechas se utilizarán únicamente en nudos acondicionados y con gran intensidad de movimientos de giro.

Flecha de salida

Su función es indicar a los conductores el lugar donde pueden iniciar el cambio de carril para utilizar un carril de salida, en especial de una autopista o autovía.

Flecha de fin de carril

Señaliza que el carril en que está situada termina próximamente y es preciso seguir su indicación, debiéndose disponer en serie un mínimo no inferior a 4, a intervalos.

Flecha de retorno

Una flecha, situada aproximadamente en el eje de una calzada de doble sentido de circulación y apuntando hacia la derecha, anuncia la proximidad de una línea continua que implica la prohibición de circular por su izquierda e indica, por tanto, que todo conductor debe circular con su vehículo por el carril a la derecha de la flecha.

4.3.2.6. Inscripciones

La inscripción en el pavimento tiene por objeto proporcionar al conductor una información complementaria, recordándole la obligación de cumplir lo ordenado por una señal vertical o en ciertos casos imponer por sí misma una determinada prescripción.

Las dimensiones de las letras varían en función de la velocidad máxima (VM) y, en todo caso, serán letras convenientemente alargadas en sentido longitudinal para que aparezcan proporcionadas desde el punto de vista del conductor.

Dichas marcas inscripciones pueden ser:

1. De carril o zona reservada para la circulación de determinados vehículos, como el carril bus
2. De dirección, o
3. Señales horizontales de STOP, ceda el paso, o limitación de velocidad.

4.3.2.7. Otras marcas

Cebreado

Salvo si se trata de un paso para peatones, el marcado de una zona de la calzada o de una zona que sobresalga ligeramente por encima del nivel de la calzada con franjas oblicuas paralelas enmarcadas por una línea continua o por líneas discontinuas, significa que ningún vehículo debe penetrar en esa zona a no ser que, si las líneas son discontinuas, pueda hacerlo sin peligro a fin de girar para entrar en una vía transversal del lado opuesto de la calzada.

Para delimitaciones de zonas o plazas para estacionamiento

Delimitan la zona o las plazas dentro de las cuales deberán quedar los vehículos al ser estacionados por sus conductores.

Esta marca, normalmente blanca, podrá ser azul en aquellos lugares en que la duración del estacionamiento esté regulada por una reglamentación especial.

De paso a nivel

Su función es la de indicar la proximidad de un paso a nivel.

De comienzo de carril reservado

En caso necesario, indica el principio de un carril reservado a determinados vehículos.

Líneas de prohibición de parada o estacionamiento

Una línea longitudinal **discontinua** amarilla, significa que está prohibido el estacionamiento en el lado de la calzada donde está situada, mientras que si es **continua**, indica que también está prohibida la parada.

La línea en zigzag amarilla, pintada al borde de la calzada significa que está prohibido estacionar a todo lo largo de esta línea, por estar reservado para algún uso especial como zonas de parada de autobuses o destinadas a la carga o descarga de vehículos.

Una cuadrícula amarilla, señala la prohibición de penetrar en una intersección aun cuando el semáforo lo permita o gocen de prioridad, si la situación de la circulación es tal que previsiblemente puedan quedar detenidos de forma que obstruyan la circulación transversal.

4.4. SEÑALIZACIÓN DE OBRA

La señalización, balizamiento y defensa de obras fijas que se ejecuten en la plataforma de una vía o en sus proximidades, que puedan representar un peligro para la circulación, al interferir en su normal discurrir, se desarrolla en la Norma técnica 8.3.IC.

La señalización de obras tiene por objeto, informar al usuario de la presencia de las obras, ordenar la circulación en la zona afectada y modificar su comportamiento, para adaptarlo a la situación no habitual y circunstancias específicas de las obras.

Con ello se pretende conseguir una mayor seguridad, tanto para los usuarios como para los trabajadores de la obra, limitando el deterioro del nivel de servicio de la vía afectada.

En función de diversas circunstancias, como el tipo de vía, la intensidad de circulación, la importancia de la ocupación de la plataforma y la duración y peligrosidad de la ocupación, deberá establecerse una ordenación de la circulación, consistente en una señalización y balizamiento relacionados con la ordenación adoptada, el establecimiento de desvíos, la limitación de la velocidad y la prohibición de realizar adelantamientos, entre otras medidas.

4.4.1. Ordenación de la circulación

Es necesario distinguir entre los tipos de vías afectados (calzada única con doble sentido o calzada doble con único sentido de circulación por calzada) y los distintos grados de ocupación de la carretera (sólo el arcén sólo un carril, toda la calzada, etc.), puesto que la señalización, balizamiento y defensa de una zona fija de obras no resultan ser los mismos cuando, se está trabajando fuera de la plataforma que cuando se está ocupando la calzada, ni tampoco es igual trabajar en vías de calzada única que de calzadas separadas.

4.4.2. Limitación de la velocidad

4.4.2.1. Medios de limitar la velocidad.

Para lograr limitar la velocidad a un valor inferior a la velocidad de aproximación, lo más frecuente es recurrir a disponer una adecuada señalización, generalmente vertical. Sin

embargo, no debe olvidarse que la acción de la señalización puede verse eficazmente complementada por otros medios, tales como un estrechamiento de los carriles que reduzca el margen entre los vehículos o modificar el trazado de modo que este obligue a los vehículos a recorrer elementos (chicanes) de velocidades específicas menores que la de aproximación.

El empleo de resaltos en la calzada no debe ser considerado una buena solución, sino un indicio de que la reducción de la velocidad no ha sido bien planteada. Con circulación intensa los resaltos pueden dar lugar a accidentes por alcance.

4.4.2.2. *Velocidades de aproximación y limitada*

La velocidad de aproximación con frecuencia rebasa los límites impuestos por la legislación o por la señalización ordinaria de la carretera. Es preciso hacer una estimación realista, de la velocidad de aproximación que solo sea rebasada por el 15 por 100 de los vehículos, la cual se adoptara como velocidad de aproximación.

En general, deberá adoptarse para velocidad limitada el mayor valor posible, compatible con la visibilidad y protecciones disponibles. En vías de elevada velocidad, y especialmente en autopistas y autovías, no deberá limitarse la velocidad a valores inferiores a:

- 80 km/h si solo se reduce el número de carriles.
- 60 km/h si, además, se establecen desvíos o carriles provisionales.
- 40 km/h para los vehículos que no tengan que detenerse ante una ordenación en sentido único alternativo.

En el resto de las vías, y salvo justificación en contrario, no deberá limitarse la velocidad a valores inferiores a 50 km/h; salvo en el caso de ordenación en sentido único alternativo, en la que el límite se podrá rebajar a 40 km/h. No resultara necesario, en general, limitar la velocidad en obras exteriores a la calzada.

4.4.3. **Cierre de carriles a la circulación y desvío a carriles provisionales**

Con frecuencia, la ordenación de la circulación motivada por la presencia de una zona de obras requiere el cierre de carriles a la circulación, y/o el desvío a carriles provisionales.

Los vehículos que transiten por un carril que se vaya a cerrar deberán converger con los de un carril contiguo del mismo sentido, desviarse a otro carril provisional, o bien, efectuar sucesivamente las dos maniobras anteriores.

Normalmente, la realización de estas maniobras requerirá una reducción de la velocidad de los vehículos; aunque en algunos casos, como la ordenación en sentido único alternativo, pueda llegar a exigir su total detención.

4.4.3.1. *Convergencia*

Cuando solo se cierre un carril a la circulación, este podrá ser interior o exterior, y los vehículos que por el transiten deberán converger con los del carril contiguo del mismo sentido. El cierre del carril se hará disminuyendo linealmente su anchura.

4.4.3.2. *Desviación*

La desviación de un carril a otro provisional, generalmente paralelo a aquel, deberá realizarse de manera que los radios de las curvas en S que resulten, iguales para ambas y con los acuerdos de la mayor longitud posible, no sean inferiores a los mínimos prescritos por la Instrucción de trazado 3.1-IC para la velocidad limitada correspondiente.

4.4.4. Elementos de señalización, balizamiento y defensa

Salvo justificación en contrario, en obras fijas deberán utilizarse exclusivamente los elementos de señalización incluidos en el catálogo del anexo de la norma 8.3.IC.

Toda señal que implique una prohibición u obligación deberá ser reiterada o anulada antes de que haya transcurrido un minuto desde que un conductor que circule a la velocidad prevista la haya divisado.

El citado catalogo contiene los siguientes grupos de elementos y dispositivos:

- Señales de peligro TP
- Señales de reglamentación y prioridad TR.
- Señales de indicación TS.
- Señales y dispositivos manuales TM.
- Elementos de balizamiento reflectantes TB.
- Elementos luminosos TL.
- Dispositivos de defensa TD.

Respecto de los grupos anteriores, el diseño de las señales TP, TR y TS serán iguales al de las que se empleen para la ordenación de la circulación cuando no haya obras, excepto que el fondo de las señales TP y TS, y total o parcialmente el de las señales TR será amarillo.

4.4.5. Balizamiento

Se entiende por balizamiento la utilización de determinados elementos fácilmente perceptibles por el conductor, con objeto de destacar la presencia de los límites de las obras y de las ordenaciones de la circulación a que den lugar.

En general, se deberá emplear un balizamiento adecuado cuando:

- Existan zonas vedadas a la circulación, tales como el arcén, parte del carril contiguo, un carril cerrado o la propia obra.
- Se dispongan carriles provisionales cuyo trazado o anchura difieran de los que habría sin la presencia de las obras.
- Se establezca una ordenación de la circulación que pueda implicar su detención (en el caso de un sentido único alternativo).

5. INFRAESTRUCTURA DE SEGURIDAD Y SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS

La Orden Circular 321/95 TyP “Recomendaciones sobre sistemas de contención de vehículos”, regula los tipos de sistemas de contención de vehículos, así como los criterios de implantación y la disposición de los mismos.

No obstante, todo lo relativo a pretiles metálicos y barreras metálicas, quedó derogado de conformidad con lo establecido en la Orden Circular 23/08 sobre criterios de aplicación de pretiles metálicos y en la Orden Circular 28/09 sobre criterios de aplicación de barreras de seguridad metálicas. Serán estas recomendaciones las que se tengan que tener en cuenta en este aspecto.

5.1. TIPOS DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS. CLASIFICACIÓN

5.1.1. Según función y ubicación

En cuanto a su función y ubicación, los sistemas se clasificarán en:

- Barreras de seguridad, empleadas en los márgenes y, en su caso, en la mediana.
- Pretiles, análogos a las barreras de seguridad, pero específicamente diseñados para bordes de tableros de obras de paso, coronaciones de muros de sostenimiento, y obras similares.
- Amortiguadores de impacto, diseñados para un choque frontal.
- Lechos de frenado, situados en los márgenes de la carretera, sobre todo en pendientes prolongadas, y rellenos de un material específico.

5.1.2. Barreras de seguridad y pretiles

Dentro de las barreras de seguridad (y en menor grado, de los pretiles), se pueden establecer tipos atendiendo a criterios diversos:

- Rígidas o deformables.
- Definitivas o provisionales.
- Simples (aptas sólo para el choque por un lado) o dobles (por ambos lados).
- Según el material empleado: Metálicas, de hormigón, mixtas y de otros materiales.

5.1.3. Amortiguadores de impacto

Dentro de los amortiguadores de impacto se pueden establecer los siguientes tipos:

- Sin capacidad de redireccionamiento (p.e. conjunto de bidones).
- Con capacidad de redireccionamiento (p.e. sistemas telescópicos).
- Sistemas móviles.
- Amortiguadores terminales para barreras de seguridad.

5.1.4. Lechos de frenado

Dentro de los lechos de frenado se pueden establecer los siguientes tipos:

En cuanto a situación transversal:

- Adyacentes a la plataforma

- Separados de ella

En cuanto a anchura:

- Con capacidad para vehículo entero

- Con capacidad para medio vehículo

5.2. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS FUNCIONALES

5.2.1. Empleo

La selección del nivel de contención de una barrera de seguridad o pretil se efectuará atendiendo a las circunstancias propias de cada tramo: tráfico, trazado, gravedad del accidente a evitar....

5.2.1.1. Selección del nivel de contención de barreras de seguridad y pretiles

Las barreras de seguridad y pretiles deberán ser de la clase designada como P donde las consecuencias del franqueamiento del dispositivo por un vehículo den, previsiblemente, lugar a un accidente calificado como muy grave, y M cuando el accidente fuera grave.

En los demás casos, se podrán emplear barreras de seguridad y pretiles de la clase designada como L.

5.2.1.2. Selección del tipo

Una vez establecido el nivel de contención, la selección del tipo de barrera de seguridad o pretil se efectuará atendiendo a las ventajas e inconvenientes señalados en las respectivas Órdenes circulares, teniendo en cuenta, especialmente:

- El funcionamiento y comportamiento de cada sistema
- El coste de implantación y conservación.
- Las condiciones del terreno para el cimiento y, en su caso, del anclaje.
- El espacio disponible, incluso para una eventual deformación del sistema.
- Necesidades especiales, como tramos desmontables, anclajes, extremos, etc.
- La conexión con otras barreras de seguridad o pretiles contiguos.
- Las previsiones de recrecimiento a medio plazo de los elementos adyacentes que puedan modificar la rasante de la carretera (rehabilitación del firme, variación del perfil de la carretera, etc.).

5.2.2. Criterios de implantación

El choque contra un sistema de contención de vehículos constituye un accidente sustitutorio del que tendría lugar en caso de no existir aquél, y de consecuencias más predecibles y menos graves; pero no está exento de riesgos para los ocupantes del vehículo.

Por tanto, sólo se recomienda instalar un sistema de contención de vehículos después de valorar los riesgos potenciales en uno y otro caso, y de descartar soluciones alternativas (a veces es posible desplazar o eliminar obstáculos, o explanar el terreno).

5.2.2.1. Barreras de seguridad

En márgenes de la carretera

Las zonas (como lagos, humedales, cursos de agua, yacimientos arqueológicos, etc.) cuya protección haya sido incluida entre las medidas correctoras derivadas de una Declaración de Impacto Ambiental, justificarán la instalación de una barrera de seguridad, aun cuando no exista obstáculo o zona peligrosa al borde de la calzada.

En los demás casos, la instalación de la barrera de seguridad estará justificada donde la distancia de un obstáculo o zona peligrosa al borde de la calzada, sea inferior 4,5 metros en cualquier caso.

En medianas

Se considerará la zona adyacente a cada calzada como un margen, según el apartado anterior. A estos efectos se considerará la calzada adyacente como un obstáculo.

Así, donde la anchura de la mediana (o de la franja de separación entre dos carreteras paralelas, o entre calzada principal y la de servicio) resulte en una distancia entre bordes de calzada igual o superior a la especificada en la tabla contenida en la Orden Circular 321/95, y no haya obstáculos o desniveles en dicha zona, no se justifica la implantación de una barrera de seguridad. No obstante, siempre que se justifique se implantará, aun cuando se superen las distancias señaladas en la tabla.

5.2.2.2. Pretiles

En puentes, viaductos y demás obras de paso, se dispondrán siempre pretiles en el borde del tablero. Si por existir acera peatonal, hubiese barandilla, se procurará que el pretil separe la acera del resto de la plataforma. Donde la velocidad de proyecto V_p no exceda de 60 km/h, se podrán emplear bordillos no montables.

Se instalarán siempre pretiles sobre los muros de sostenimiento (del lado del valle) de una carretera en terreno accidentado o muy accidentado, donde la velocidad de proyecto V_p sea superior a 60 km/h, salvo justificación en contrario.

5.2.2.3. Lechos de frenado

En tramos de carreteras de nueva construcción donde sea inevitable la presencia de rasantes descendentes de gran longitud, y los daños causados por vehículos que puedan perder el control por avería en los frenos se consideren graves, la implantación de lechos de frenado formará parte integrante del diseño de esos tramos.

La instalación de un lecho de frenado también se justificará con las estadísticas de accidentes causados por vehículos que hayan perdido el control por avería en los frenos.

Sólo se dispondrán lechos de frenado de anchura reducida, para acoger a medio vehículo, donde no haya espacio físico razonable para disponerlos de anchura completa.

5.3. DISPOSICIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS

5.3.1. Disposición de las barreras de seguridad y pretiles

5.3.1.1. Disposición longitudinal

Generalidades

Las barreras de seguridad y pretiles se situarán generalmente paralelas al eje de la carretera (aunque en curvas se puedan adoptar otras disposiciones para reducir el ángulo de choque), de forma que intercepten la trayectoria de vehículos fuera de control que, de no

existir aquéllas, llegarían a zonas peligrosas u obstáculos o, en el caso de pretils, al borde del tablero o estructura.

Anticipación del comienzo

Salvo justificación en contrario, una barrera de seguridad paralela a la carretera o un pretil se recomienda sean iniciados (sin contar la longitud de anclaje) antes de la sección en que empieza la zona, obstáculo o borde de tablero.

Prolongación de la terminación de la barrera

Más allá (en el sentido de recorrido del vehículo) de la sección en que termina la zona peligrosa, obstáculo o borde de tablero o estructura, se recomienda prolongar la barrera de seguridad, con los siguientes criterios:

En carreteras de calzadas separadas, un mínimo de 4 m, paralelamente a la carretera.

En vías de calzada única, la prolongación de la terminación para un sentido de circulación, debe ser igual a la anticipación de su comienzo para el sentido contrario.

Continuidad

Si entre los elementos extremos de dos sistemas consecutivos de contención de vehículos quedaran menos de 50 m, se unirán en un solo sistema continuo, excepto donde esté justificada una interrupción (p.e. por la existencia de un acceso).

5.3.1.2. Disposición transversal

Barreras de seguridad

Las barreras de seguridad paralelas a la carretera no se colocarán a menos de 0,50 m del borde de la calzada. Cuando la carretera tenga arcén, las barreras se colocarán fuera del mismo. La zona comprendida entre el arcén y la barrera deberá ser plana, compactada y estar desprovista de obstáculos y, en caso de refuerzo, se reacondicionará para evitar desniveles que puedan encarrilar las ruedas de un vehículo.

Si la mediana es plana, las barreras de seguridad se colocarán simétricamente respecto de los bordes de los arcenes interiores.

En medianas no planas, las barreras de seguridad se dispondrán igual que en los márgenes de la carretera, atendiendo a las circunstancias de cada sección transversal.

Pretils

Los pretils se dispondrán:

Donde no haya aceras, en el borde del tablero.

Donde haya, entre éstas y la parte de la plataforma reservada a la circulación rodada.

5.3.1.3. Disposición en altura

En tramos de concentración de accidentes de motoristas, se instalará bajo la valla otra cuyo borde superior se situará a una altura de 35 cm, separada 10 cm por delante de los postes, que evite el choque directo contra ellos.

5.3.1.4. Inclinación

Durante su instalación o puesta en obra, se cuidará especialmente la inclinación de la barrera de seguridad o pretil respecto de la plataforma adyacente, de forma que resulte perpendicular a ésta.

5.3.1.5. *Cimentación*

Barreras de seguridad metálicas

Los postes se cimentarán por hinca en el terreno, salvo que esta resulte imposible por la dureza de aquel, o que su resistencia sea insuficiente.

En terrenos de escasa resistencia, se cajeará a lo largo de la línea de cimentación de los postes, en una anchura de 50 cm y una profundidad de 15 cm, rellenando con hormigón.

En terrenos duros no aptos para la hinca, el poste se alojará en un taladro de diámetro adecuado y 450 mm de profundidad mínima.

Barreras de seguridad de hormigón

Se apoyarán sobre el firme previsto o existente; o en su defecto sobre una capa de 20 cm de espesor de hormigón magro, zahorra artificial, o capa estabilizada convenientemente compactada y nivelada.

Pretils de hormigón

Se anclarán a las estructuras, muro o tablero. Si la estructura no tiene suficiente resistencia se dispondrá como viga o losa continua de hormigón armado.

5.3.1.6. *Extremos*

Los extremos de una barrera de seguridad o pretil no constituirán un peligro para los vehículos que choquen contra ellos; en caso contrario, se protegerán como si se tratase de un obstáculo aislado. Asimismo, en ellos se dispondrán anclajes, para proporcionar la resistencia a tracción o flexión que necesite para cumplir su función.

En el extremo frontal en carreteras de calzadas separadas, y en todos los extremos en carreteras de calzada única, se recomienda elegir entre las disposiciones siguientes:

El empotramiento del extremo de la barrera en el talud del desmonte. Esta disposición es la más recomendable, y se combina con el tramo en ángulo. La altura de la barrera, a su paso por la cuneta, no debe exceder de la máxima, y se debe prever la capacidad de desagüe.

El abatimiento hasta el terreno de los primeros 20 m. de barrera.

En el extremo final en carreteras de calzadas separadas, se abatirán hasta el terreno los últimos 1,65 m. de barrera o pretil.

5.3.1.7. *Zonas especiales*

Accesos a puentes, viaductos, obras de paso o túneles

Se cuidará la continuidad entre los pretils de la estructura y las barreras de seguridad del margen de la carretera y, en su caso, de la mediana en los accesos a aquélla: su trazado será uniforme y, si tuvieran distinta rigidez, el cambio de una a otra será gradual.

Aunque el margen de la carretera no necesite por si una barrera de seguridad, se instalará una (con rigidez creciente y el anclaje necesario) entre aquél y el pretil, de manera

que se evite que la trayectoria de un vehículo fuera de control pueda alcanzar el desnivel salvado por la estructura.

Vías de giro en intersecciones y ramales en nudos

En tramos de fuerte curvatura, el desarrollo de las fuerzas de contacto durante un choque con la barrera de seguridad puede resultar distinto que en una recta. En estos casos se considerará preferentemente la posibilidad de suavizar taludes y eliminar obstáculos.

"Narices" en salidas

En la "nariz" asociada a una divergencia de salida o bifurcación de la calzada, donde no se disponga de una zona plana y sin obstáculos, de al menos 60 m. a partir de la apertura de carriles completos, se recomienda estudiar la instalación de un amortiguador de impacto.

Se evitará unir en la "nariz" las barreras de seguridad correspondientes a los bordes interiores de las plataformas divergentes en ella, mediante piezas curvas, o abatir sus extremos frontales de forma convergente en un punto.

Comienzos de mediana

En el paso de calzada única a separadas, el principio (sin contar el anclaje) de la barrera doble de seguridad en la mediana distará al menos 40 m. del primer obstáculo situado en ésta; en caso contrario, se recomienda estudiar la instalación de un amortiguador de impacto.

Entre la sección donde la separación entre bordes interiores de calzadas sea de 1 m., y el extremo abatido de la barrera de seguridad, deberá haber al menos 8 m. de distancia.

Interrupciones

Donde sea necesario interrumpir una barrera de seguridad se adoptarán las disposiciones siguientes:

Pasos en mediana: Se dispondrán barreras metálicas desmontables.

Interrupciones por paradas de autobús y accesos peatonales: Se dispondrá un solape de la barrera de seguridad, con sus correspondientes anclajes, dejando un pasillo de una anchura mayor o igual a 1 m. Se estudiará el guiado de los peatones durante la noche.

Vías de giro en intersecciones o ramales en enlaces: Se continuará la barrera por el exterior de estas vías o ramales, según las circunstancias de sus bordes.

Peatones

Donde la circulación de peatones se realice por detrás de la barrera, se dispondrá un sistema de contención y guía de peatones (barandilla) para evitar su posible caída.

5.3.2. Disposición de los amortiguadores de impacto

Los amortiguadores de impacto se colocarán delante de los obstáculos a los que protegen, de manera que el choque se produzca lo más frontalmente posible.

5.3.3. Disposición de los lechos de frenado

Una vez decidido su establecimiento, la localización de un lecho de frenado será objeto de un estudio especial. En general se implantará en tramos sensiblemente rectilíneos, si bien se deberán considerar:

- Dónde se han producido accidentes causados por vehículos que hayan perdido el control por avería de los frenos. El comienzo del lecho se debe disponer a una cierta distancia antes de la sección en que ocurren accidentes frecuentes.
- El trazado de la carretera: se cuidará que el lecho de frenado se distinga claramente (sobre todo de noche) de la calzada, evitando que inadvertidamente los vehículos penetren en él. Al mismo tiempo, debe percibirse con antelación suficiente para que los que deseen acceder al lecho, puedan realizar cómodamente la maniobra.
- Las circunstancias del margen de la carretera, y especialmente su repercusión en las explanaciones necesarias.

Si el lecho de frenado se dispone adyacente a la plataforma, la separación mínima al borde de la calzada no será inferior a 2 m.

La distancia necesaria para detener a un vehículo articulado en un lecho de frenado de anchura completa dependerá de la velocidad a la que entre en él, la cual deberá ser estimada en función de la longitud e inclinación de la pendiente anterior al lecho. En todo caso, la longitud mínima de un lecho de frenado será igual al 125 % de la distancia necesaria para detener un vehículo articulado.

Donde sea completa la anchura de un lecho de frenado, estará comprendida entre 4 y 5 m. En los de media anchura, ésta no será inferior a 1,4 m.

La profundidad de un lecho de frenado estará comprendida entre 30 y 45 cm., aumentando progresivamente a medida que se avanza en el lecho.

El lecho de frenado se rellenará con gravilla rodada suelta de tamaño 5/10, disponiendo un sistema de drenaje profundo que recoja y evacue el agua infiltrada en aquélla.

En el lado exterior del lecho se dispondrá una barrera de seguridad de hormigón.

6. MODIFICACIONES EN LA VÍA. ATRIBUTOS

6.1. CONDICIONES TEMPORALES

Como modificadores de la vía o atributos, que también se les denomina, se nos pueden presentar una serie de circunstancias o condiciones temporales que tienen una incidencia en la accidentalidad que no debe escapar al investigador de accidentes.

6.1.1. Obstáculos

La vía no puede aislarse de su entorno y por tanto recibe las influencias del exterior. Algunos elementos circundantes son emplazados en el pavimento bien por la mano del hombre, bien por la de la naturaleza, transformando de inmediato los aspectos de la seguridad.

A. Situados por el hombre. Cuando el hombre sitúa obstáculos en la calzada, puede hacerlo de modo voluntario o involuntario, tratando de originar el accidente o no, pero en todo caso, existirá una infracción penal dolosa o imprudente si la naturaleza del obstáculo es lo suficientemente considerable como para provocar un grave riesgo.

B. Situados por la naturaleza. La naturaleza puede situar también objetos o partículas distorsionadoras sobre el firme. Su importancia en la producción del accidente vendrá dada, como es obvio, por el tamaño del obstáculo y su mayor o menor visibilidad.

6.2. CONDICIONES DEL TRÁFICO

Entre estas características resaltan por su importancia significativa:

6.2.1. Intensidad de tráfico

El efecto de la intensidad de tráfico sobre los índices de accidentes varía de unas carreteras a otras. En vías de dos carriles, los índices no disminuyen al aumentar la IMD, hasta llegar a unos 2.000 vehículos/día. La mayor densidad del tráfico contribuye a la aminoración de las velocidades y a su uniformización, con el consiguiente descenso del riesgo de accidentes.

En autopistas, los índices de accidentalidad aumentan sensiblemente cuando las intensidades se acercan a la capacidad máxima de las mismas, en tanto que la conducción resulta más compleja al disponer de menores tiempos de reacción para la ejecución de las distintas maniobras y a la mayor interrelación entre los flujos de tráfico.

Además, cambia el tipo de accidente, ya que con tráfico reducido predominan los accidentes que afectan a vehículos aislados, mientras que al aumentar la intensidad son más frecuentes las colisiones entre vehículos.

6.2.2. Velocidad

Hay que distinguir dos aspectos en la influencia de la velocidad del tráfico sobre la seguridad: por una parte la velocidad media de circulación, y por otra, las diferencias de velocidad entre los distintos vehículos.

Se ha observado que al aumentar la velocidad media de circulación, aumenta la gravedad de los accidentes, pero en cambio no parece variar la frecuencia de los mismos. Por el contrario, la probabilidad que tiene un vehículo de verse envuelto en un accidente crece exponencialmente al aumentar el valor absoluto de la diferencia entre su velocidad y la velocidad media del tráfico.

Por tanto la mejora de la seguridad que producen las limitaciones de velocidad es debida a la disminución de la dispersión de velocidades (al eliminar a los excesivamente rápidos), teniendo menor importancia la disminución de la velocidad media.

6.2.3. Sección transversal

En las carreteras de calzada única, las vías de tres carriles han dejado de utilizarse por considerarse peligrosas. Los estudios realizados parecen demostrar que los índices de accidentes en ellas, aumentan rápidamente cuando la IMD sobrepasa los 5.000 vehículos/día, es decir precisamente cuando este tipo de carreteras estarían justificadas por razones de capacidad.

La anchura de los carriles y de los arcenes, tal como se explica en el capítulo 3 del presente módulo, influye sobre los índices de accidentes cuando son menores de tres y 2,5 metros respectivamente.

6.3. CONDICIONES LUMINOTÉCNICAS DE LA VÍA. LA OSCURIDAD

6.3.1. La iluminación de las carreteras



Serie de fotografías que muestra como la cantidad de luz aportada por la iluminación vertical hace visible a un peatón que prácticamente no podía verse en condiciones de baja luminosidad

El riesgo de sufrir accidentes se acrecienta considerablemente durante la noche, al encerrar el tráfico nocturno una serie de factores diferenciales, como la menor visibilidad, la posibilidad de deslumbramientos, la somnolencia, la notable implicación de conductores jóvenes, la influencia de la alcoholemia, etc.

Diversas estadísticas americanas, han demostrado que la proporción en el número de accidentes ocurridos de noche con respecto a los diurnos, tiende a igualarse (con el resto de condiciones similares), cuando la intensidad de la iluminación artificial aumenta hasta alcanzar aproximadamente los 10 lux.

En tramos con gran intensidad de circulación y con alguna circunstancia peculiar, como travesías, cruces, pasos de peatones o ciclistas, conexiones o bifurcaciones de vías, es conviene utilizar la iluminación artificial de la vía en horario nocturno.

Es preciso, evidentemente, asegurar una iluminación media suficiente (variando en general de 8 a 20 lux en función de la importancia del tráfico y de la circulación de peatones) y tan uniforme como sea posible.

Por otra parte, es esencial que el foco luminoso no produzca deslumbramiento, que impida al ojo adaptarse a la débil iluminación de la carretera y, en consecuencia, percibir los obstáculos; debe procurarse, por lo tanto, limitar el brillo propio del foco (lámparas fluorescentes), o bien enmascarar parcialmente el mismo, por ejemplo, con un dispositivo del tipo «cut-off», suprimiendo los rayos del ángulo superior a 75° con la vertical.

6.3.2. La circulación nocturna

La circulación de noche toma una importancia cada vez mayor. Si la circulación entre las 22 y las 6 horas representa solamente el 10 % del total, el tráfico en horario nocturno en invierno, con el pico de la tarde, alcanza aproximadamente el 25 %. En ciertos itinerarios, la circulación de camiones es tan intensa de noche como de día.

Pese a estos datos, más del 30 % de los accidentes y hasta el 50% de los fallecidos se producen durante la noche, en la que el peligro de accidentes es pues más elevado.

El ojo se adapta fácilmente, al cabo de cierto tiempo, a iluminaciones muy pequeñas, pero con la condición que sean sensiblemente uniformes en el espacio y constantes en el tiempo. La luz, ya sea emitida por los faros o por una iluminación fija, permite circular con toda seguridad, con la condición de que no se manifiesten iluminaciones parásitas muy superiores a la normal, que produzcan deslumbramiento, obligando al ojo a adaptarse a su nivel excepcional, e impidiendo, en consecuencia, percibir los demás obstáculos.

La luz de cruce de los vehículos, divide el espacio anterior en dos regiones: aquella en que no se quiere deslumbrar y otra que es preciso iluminar; la «cortadura» esta definida, en Europa, por un plano inclinado de 1 a 2 % hacia el suelo por la parte anterior del vehículo. El conductor debe distinguir fácilmente la trayectoria a seguir; el jalonamiento de la calzada es pues muy útil en la noche, especialmente en las curvas. Los bordillos laterales, las líneas sobre las calzadas o las banquetas discontinuas, pintadas de blanco, señalizan eficazmente la carretera. Se utilizan también las banquetas provistas de «catadióptricos» (cats-eyes), que pueden marcar el eje en los bordes de la calzada.

La señalización debe ser visible tanto de noche como de día; las señales deben estar colocadas en la zona normalmente iluminada por los faros de los vehículos.

La gravedad del accidente es mayor durante la noche por:

- * Disminución de la visibilidad y campo de acción del conductor.
- * Disminución del espacio de maniobra, y de la distancia entre la PPP y la PC.
- * Imperceptibilidad de determinadas eventualidades, tales como situación en la calzada de peatones, animales u objetos.
- * En general, velocidad de impacto superior por las razones apuntadas.

6.4. CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS

Pertenecen al conjunto de factores que transforman de modo completo las características de la vía.

6.4.1. Introducción

Aunque los conductores reducen sus velocidades a medida que las condiciones ambientales empeoran, esta reducción viene a menudo acompañada de un aumento en la variación entre velocidades puntuales de los vehículos individualmente considerados, con los riesgos que este fenómeno implica para la seguridad vial.

Tan solo una señalización variable que establezca limitaciones de velocidad adecuadas puede ser empleada para prevenir este tipo de accidentes, pero siempre y cuando se cumpla por parte de los conductores, bien por estar adecuadamente informados de las consecuencias

dañosas de estos elementos o bien porque se establezcan programas especiales de control del cumplimiento de estas limitaciones variables por parte de la policía.

Aunque las superficies mojadas en una vía afectan a la tracción y a la adherencia cuando se intenta frenar, tomar una curva o realizar un giro, la mayoría de los conductores no reducen su velocidad cuando discurren por carreteras con el pavimento mojado. Sí tiene alguna influencia en la disminución de la velocidad, la lluvia intensa, y algún estudio señala una disminución de la velocidad media de 5 a 10 km/h en esos precisos instantes, aunque cuando cesa y a pesar de estar la superficie de la vía mojada se recuperan los niveles anteriores.

En los accidentes debidos a causas atmosféricas, las circunstancias pueden haber variado cuando el investigador llegue al lugar de los hechos, hecho que deberá constatar durante la investigación.

6.4.2. La nieve

La nieve afecta a la visibilidad y a las condiciones de adherencia. El uso de cadenas permite alcanzar mayor adherencia y con ello una conducción más segura.

El riesgo de sufrir un accidente (aunque sea de menor gravedad) es muy elevado, originado en la mayoría de los supuestos por circular a velocidad inadecuada o por cierta impericia en otras eventualidades.

Las grandes rampas y pendientes son extremadamente deslizantes para los camiones y autobuses.

La nieve con el sol brillante afecta de modo negativo a la visión del conductor, lo que genera un cansancio mayor e incluso puede producir deslumbramientos.

6.4.3. El hielo

Cabe apuntar como válido todo lo dicho para la nieve, teniendo en cuenta que el factor de adherencia es aún menor.

Su peligrosidad es mayor por la sorpresa de su aparición, en zonas umbrías, de noche, etc. Además de lo inesperado que resulta para el conductor, suelen ser más graves debido a la velocidad, muy superior a la desarrollada en la nieve.

El investigador deberá sospechar de la presencia de hielo, ante salidas de la vía o invasión del carril contrario, cuando el accidente acontezca en la madrugada o primeras horas de la mañana en pleno invierno y cuando al observar las cunetas y alrededores de la vía, descubra la presencia de escarcha que ayude a confirmar dicha posibilidad.

Tanto la nieve como el hielo afectan notablemente a la visibilidad de las señales verticales (en las que alteran su reflectancia) y pueden ocultar las líneas longitudinales.

6.4.4. La lluvia

La lluvia incide en la seguridad desde los siguientes aspectos:

- Visibilidad: el problema sobreviene ante una lluvia intensa o incluso leve, cuando ensucia el parabrisas y el conductor ve mermadas las posibilidades de visión de la carretera.

- Disminución de la adherencia. Que se multiplica cuando se producen las primeras gotas de lluvia tras un largo período de sequía, al mezclarse con el polvo y grasa, generándose una película sumamente deslizante.
- Modificación de la reflectancia de las señales. Esencialmente de noche y por lluvia fuerte.

Cuando existe gran cantidad de agua sobre el pavimento, se puede producir el denominado hidroplaneado o “aquaplaning”, consistente en la pérdida total de contacto con el suelo, fenómeno que depende de la altura de la película de agua y de la velocidad de los vehículos, ya que los otros dos parámetros -la geometría de la carretera y del neumático- vienen dados.

El investigador deberá constatar el estado del limpiaparabrisas del vehículo accidentado, su funcionamiento y, en todo caso, la profundidad del dibujo de los neumáticos.

6.4.5. La niebla

Afecta notoriamente a la reducción de la distancia de visibilidad tanto al frente como hacia atrás, y por lo tanto, acerca la PPP al punto de conflicto, aumentando el riesgo.

En caso de accidente, debe examinarse todo el conjunto del alumbrado, en especial los faros antiniebla, determinándose la posición de la palanca o interruptor correspondientes.

El accidente tipo por antonomasia es el alcance múltiple en una vía desdoblada, actuando como causa conjunta a la niebla, la circulación a una velocidad inadecuada, y en el que es característico que se den cifras cada vez más elevadas de vehículos implicados en estos accidentes.

6.4.6. Otras circunstancias

6.4.6.1. El Viento

El movimiento del aire raramente es regular. Generalmente y cerca de la superficie terrestre se dan variaciones rápidas e irregulares de la intensidad y de la dirección del viento, en forma de ráfagas.

Es indudable que el viento incide en la accidentalidad al influir en la estabilidad de los vehículos, afectando de forma singular a los siguientes:

- Vehículos ligeros, así como remolques y caravanas, se ven afectados por los ventarrones, capaces de volcar el vehículo remolcado y a su vez, al tractor.
- Motocicletas. Reciben el impulso de viento racheado de modo sorprendente y capaz de alterar las condiciones de marcha; el efecto se produce tras el paso de protecciones laterales y es especialmente peligroso de costado.

La presión que el viento puede ejercer sobre el lateral de algunos vehículos, puede ocasionar la pérdida de control del mismo por parte de su conductor, desde una pérdida momentánea (zigzag controlado) a una pérdida total (zigzag incontrolado), e incluso, en los casos más graves, al vuelco del mismo

Vientos huracanados entran dentro de los casos de fuerza mayor, y son capaces de originar verdaderas catástrofes.

6.4.6.2. Corrientes de agua

Tras grandes lluvias, la calzada puede verse cruzada por inesperados flujos de agua, que pueden provocar el efecto de “aquaplaning”.

En ocasiones, las riadas son tan fuertes que arrastran cualquier vehículo o elemento que hallan a su paso. No se trata tanto de un accidente de tráfico, si no de un accidente por fuerza mayor.

6.5. AERODINÁMICA. ESCALA DE BEAUFORT

Las formas llamadas aerodinámicas que se dan a las carrocerías de los vehículos, tienen por objeto disminuir la resistencia del aire, eligiendo los perfiles más apropiados para ello. Si esto es así en su penetración frontal, no lo es tanto en su resistencia a la presencia de viento lateral, por lo que en ocasiones la presión que el viento puede ejercer sobre el lateral de algunos vehículos, puede ocasionar la pérdida de control del mismo por parte de su conductor, desde una pérdida momentánea (zigzag controlado) a una pérdida total (zigzag incontrolado), e incluso, en los casos más graves, al vuelco.

El viento puede ser considerado como un vector definido por una magnitud, la *intensidad del viento*, y una dirección. La *dirección del viento* es la de su procedencia.

El viento tiene generalmente fluctuaciones rápidas. El grado de perturbación aportado por estas fluctuaciones se expresa con el término de *turbulencia*.

La intensidad y la dirección del viento se miden preferentemente con la ayuda de instrumentos; pero, cuando es imposible, se las puede evaluar a estima.

Cuando el viento sea fuerte, bastará, para determinar su dirección, que el observador se coloque de modo que reciba el viento de lleno en la cara, y ésta será la dirección. Si el viento es débil, se puede levantar un palo que lleve atada en su extremo una ligera cinta o una estrecha tira de papel. La dirección del viento no es nunca enteramente fija, sino que oscila continuamente alrededor de una dirección media, por lo que su observación debe prolongarse por espacio de diez minutos, según las normas internacionales.

La intensidad del viento se expresa en *nudos*; un *nudo* es igual a una milla marina por hora o 0'51 metros por segundo.

La intensidad del viento en superficie es raramente constante durante un intervalo de tiempo, por corto que sea; en general, varía rápida y continuamente.

La intensidad del viento se puede medir de distintas maneras. La más sencilla es la observación directa del efecto del viento en la superficie terrestre sin utilizar instrumentos. La escala de Beaufort, establecida en 1905 por el Almirante Sir Francis Beaufort con objeto de estimar la velocidad del viento en el mar, ha sido más tarde adaptada para ser utilizada en tierra, y adoptada por convenio internacional. La escala de Beaufort constituye un medio cómodo para estimar la intensidad del viento a falta de otros procedimientos (anemómetros).

Veamos a continuación algunos conceptos:

Fuerza del viento. Presión que el aire ejerce sobre los objetos, como consecuencia de su movimiento. La fuerza del viento se relaciona inmediatamente con su velocidad y con la resistencia del aire.

Presión del viento. El viento tiende a llevarse consigo los objetos que encuentra a su paso, y si no puede porque están fijos, ejerce sobre ellos una presión que se llama *resistencia*,

la cual depende no tan sólo de la velocidad del viento, sino también de la forma del cuerpo y de su *superficie aparente*.

Se entiende aquí por *superficie aparente* el área limitada por el contorno del cuerpo cuando se le mira en la dirección contrario a la del viento.

La *resistencia del aire* del aire en estas condiciones es bastante conocida, así como la influencia que en ella ejercen las tres circunstancias citadas de *velocidad, tamaño y forma*. Se sabe que la resistencia aumenta rápidamente cuando crece la velocidad; dicho más exactamente, es proporcional al cuadrado de la velocidad; es decir, que cuando la velocidad se duplica, la resistencia se hace cuatro veces mayor; cuando se triplica, nueve veces mayor, etc.

Por último, para darse cuenta de la importancia de *la forma*, basta imaginar una semiesfera hueca: expuesta al viento por el lado hueco, sufre una presión considerablemente mayor que puesta al revés, aunque la superficie aparente sea en ambos casos la misma.

Velocidad. Siendo el viento aire en movimiento, cada partícula poseerá una velocidad definida, que es el espacio que recorrería por unidad de tiempo.

La predicción de la velocidad se hará de sus valores medios (entendidos como media en diez minutos), pero algunas veces se deberá hacer referencia a los valores de velocidad instantánea (generalmente máximos), que, en Meteorología se conocen como *rachas*, es decir, desviación transitoria de la velocidad del viento con respecto a su valor medio.

La velocidad del viento recibe las siguientes adjetivaciones:

- *Calma*. Velocidad media menor o igual a 5 km/h.
- *Flojos*. Velocidad media entre 6 y 20 km/h.
- *Moderados*. Velocidad media entre 21 y 40 km/h.
- *Fuertes*. Velocidad media entre 41 y 70 km/h.
- *Muy fuertes*. Velocidad media entre 71 y 120 km/h.
- *Huracanados*. Velocidad media mayor que 120 km/h.

Es necesario insistir en que se trata de velocidades medias en 10 minutos.

6.5.1. Escala “Beaufort”

Sistema de medida indirecta bastante aproximada, usado para estimar la fuerza del viento sin el uso de otros instrumentos (anemómetros) basados solamente en los efectos visibles del viento en el ambiente físico.

GRADO BEAUFORT	DENOMINACIÓN	NUDOS (Kts)	Km/h	CARACTERÍSTICAS
0	Calmado / calma	0-1	0-1	El humo sube vertical.
1	Aire suave/ligero / ventolina	1-3	2-6	El humo se empieza a inclinar en la dirección del viento.
2	Brisa suave / brisa muy débil	4-6	7-12	Se siente en la cara; mueve las hojas de los árboles; aparecen rizos en el agua; las olas son pequeñas y sin espuma.
3	Brisa ligera / brisa	7-10	13-19	Las ramillas, hojas y banderines se

	débil, flojo)			mueven continuamente; olas con algunas cestas de espuma.
4	Brisa moderada / bonancible	11-16	20-30	Levanta el polvo y papeles; agita ramillas aún sin hojas; olas con crestas de espuma regulares.
5	Brisa regular / brisa fresca, fresquito	17-21	31-39	Agita árboles pequeños, hojas y ramas medianas sin hojas; las banderas y banderines ondean bien extendidos; se forman olas regulares; en los lagos se forman crestas espumosas regularmente.
6	Brisa fuerte, moderado	22-27	40-50	Mueve ramas gruesas y árboles pequeños; el viento silva alrededor de los objetos fijos como casas y edificios; olas con espuma blanca en las crestas y salpicaduras.
7	Viento fuerte / frescachón / casi un vendaval	28-33	51-61	Agita fuertemente los árboles medianos; forma muchas crestas blancas en las olas; es molesto caminar contra el viento; la espuma de las olas deja un rastro visible en dirección del viento.
8	Viento regular / Vendaval / temporal	34-40	62-74	Mueve árboles gruesos; desgajando ramas pequeñas; es muy difícil caminar contra el viento.
9	Viento fuerte / temporal fuerte	41-47	75-87	Desgaja ramas medianas; produce daños ligeros en casas, edificios y anuncios; rastros numerosos de espuma sobre las olas de lagos en dirección del viento.
10	Ventarrón / tormenta / temporal duro	48-55	88-102	Arranca o rompe árboles completos; produce daños grandes a construcciones.
11	Tormenta fuerte / temporal muy duro	56-63	103-117	Grandes destrozos; las embarcaciones pequeñas se pierden entre las olas; muy raro lejos de las costas, tierra adentro.
12	Huracán / temporal huracanado	64-71	118-131	Destrucción catastrófica; el mar se cubre totalmente de espuma; visibilidad muy pobre.

Los ocho primeros grados de la escala de Beaufort se caracterizan por la ausencia de efectos destructores y pueden considerarse como fenómenos relativamente ordinarios. Los grados del 9 al 12 corresponden a fuerzas superiores a la resistencia de muchas construcciones

y van acompañados por este motivo de destrozos. Por su escasa frecuencia en nuestras regiones deben considerarse como fenómenos extraordinarios.

6.6. DESLUMBRAMIENTO

En la mayoría de los casos, el deslumbramiento es una circunstancia que no puede determinarse con toda exactitud durante la investigación del accidente, ya que:

- * Ha desaparecido cuando el investigador llega al lugar del suceso.
- * Los conductores no lo mencionan generalmente como una causa.

Lo mejor que puede hacer el investigador es comprobar si el deslumbramiento en cuestión es una *posibilidad* (oportunidad para ser o existir las cosas) o una *probabilidad* (verosimilitud o fundada apariencia de verdad. Mayor o menor posibilidad de que una cosa suceda).

El ojo humano se adapta prontamente a las condiciones de luz existentes, salvo que la edad, una enfermedad o la ingesta de alcohol o drogas, distorsionen su capacidad de concentración o dilatación de la pupila.

Hay tres clases de deslumbramientos que contribuyen a los accidentes:

- * Por proyectores de los vehículos.
- * Por luces fijas o retrorreflexión.
- * El deslumbramiento solar.

Los dos primeros casos sólo pueden producirse de noche, mientras que el tercero es más frecuente a la salida y puesta del Sol.

6.6.1. Por proyectores de los vehículos

El deslumbramiento producido por los faros frontales de los vehículos rara vez es causa de colisiones con otros vehículos que circulan en el mismo sentido.

Es más probable que sea factor contribuyente en accidentes en zonas interurbanas y que su resultado sea la salida de la vía y el choque contra objetos situados a la derecha.

6.6.2. Por luces fijas

El producido por luces fijas o por reflejo como:

- * Alumbrado vial.
- * Anuncios luminosos.
- * Luces proyectadas desde varios puntos.

Las luces fijas son más propensas a contribuir a los accidentes cuando interfieren con la visión del conductor por estar alineadas con algo que éste debiera ver (un semáforo, una señal, etc.). En este sentido el resultado es casi idéntico a una obstrucción visual.

Otras luces, provocan distracciones que suelen conducir a accidentes (alcances, atropellos, etc.), en los que el investigador no deberá confundir el deslumbramiento con la mera distracción a la conducción.

6.6.3. Por el sol

El deslumbramiento solar se produce con más frecuencia cuando el Sol está bajo y se refleja en los ojos del conductor, circunstancias que suele darse hora y media después de salir o una hora antes de ponerse.

El peligro de deslumbramiento solar, igual que el producido por los faros del vehículo, se multiplica en las crestas de pendientes y en las curvas, al quedarse momentáneamente cegado el conductor. Si existe alguna probabilidad de que el deslumbramiento solar constituya un factor contribuyente, el investigador deberá examinar el lugar del suceso tan pronto como sea posible (para evitar excesivas variaciones en la posición del astro) en un día de sol y a la misma hora en que ocurrió el accidente, siguiendo el mismo trayecto del conductor que lo sufrió.

6.7. LOS COLORES Y LA SEGURIDAD

Hay determinados colores que durante la noche, y más aún a la hora del crepúsculo, se confunden con las sombras o la línea negra de la carretera y se difuminan hasta hacerse muy difíciles de distinguir. El riesgo de accidente se multiplica así notablemente.

Los colores más peligrosos al respecto son:

- * Negro.
- * Rojo.
- * Morado.

Los estudios científicos demuestran que en una escala de receptividad de colores, *el rojo* se sitúa en decimocuarta posición, por detrás incluso del verde, gris y azul pastel. Según estos mismos estudios, el color *rojo* produce el efecto de un “adelgazamiento” de la silueta del coche y en las horas del crepúsculo llega a parecer negro.

Todos los expertos coinciden en señalar el *color amarillo limón* como el más seguro para la visibilidad en ruta, ya que es el color que mayor intensidad provoca en el ojo humano y, en consecuencia, el que se ve a mayor distancia.

6.8. OTRAS CIRCUNSTANCIAS. LAS OBSTRUCCIONES VISUALES

Los obstáculos pueden impedir que un conductor vea:

- * Otra unidad de tráfico.
- * Un peligro potencial.
- * Una señal.

El investigador deberá averiguar con exactitud si dicha obstrucción visual existió o no; para ello procurará obtener pruebas que confirmen o descarten las declaraciones de conductores y testigos en ese sentido.

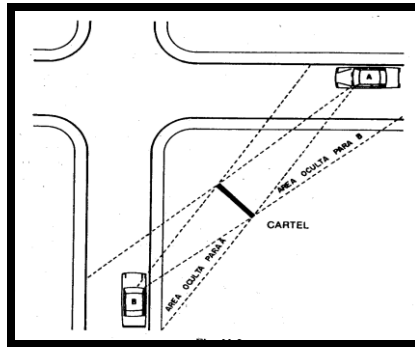
“*OBSTRUCCIÓN VISUAL*” no es lo mismo que “*VISIBILIDAD REDUCIDA*”.

En el caso de *visibilidad reducida* originada habitualmente por la oscuridad o condiciones atmosféricas, el objeto se hace visible gradualmente a medida que la distancia se reduce.

Si la falta de visibilidad se debe a un obstáculo *-obstrucción visual-*, el riesgo puede surgir inopinadamente detrás del mismo.

A menudo, un solo objeto no mucho mayor que un vehículo y bastante distanciado de la calzada, puede resultar una obstrucción visual engañosa. Aunque no parezca lo bastante grande para ocultar un coche, o si lo hiciere, sería solamente durante unos pocos segundos, si se da la circunstancia de que esto ocurre en el preciso instante en que el conductor mira a ver si se aproxima algún otro vehículo, el riesgo quedará oculto por completo.

Los carteles publicitarios, pequeños edificios, grupos de árboles, coches aparcados y muchos otros, plantean este problema.

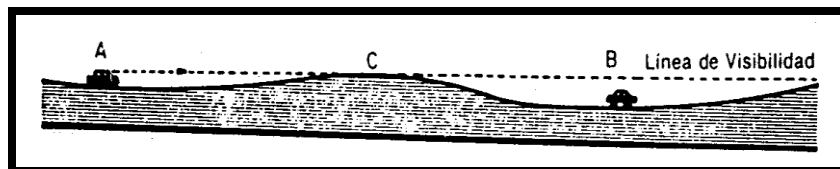


Obstrucciones horizontales

Existen **obstrucciones visuales verticales**, como las crestas de las colinas, los puentes, etc.

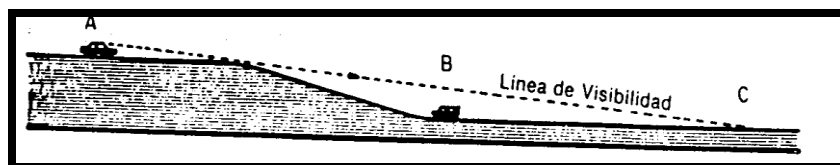
Por muy pequeña que sea la colina o elevación, pueden ocultar otros peligros. El investigador deberá estudiar todos los accidentes frontales desde este punto de vista, aunque el terreno parezca relativamente llano.

En las **obstrucciones horizontales** como un cambio de rasante, el investigador averiguará cuidadosamente la existencia de dicha circunstancia para el conductor, cual es una protuberancia inesperada en el terreno aparentemente llano.



Cambio de rasante

Otro tipo es la depresión del terreno en una carretera. Ésta le da al conductor la impresión de que la carretera que tiene frente a sí está libre porque puede ver el trecho que hay más allá.



Depresión del terreno

Tanto las obstrucciones horizontales como las verticales, pueden verse muy afectadas por una circunstancia común, *la oscuridad*.

El investigador deberá anotar las condiciones de luz y la hora del accidente. En algunos casos, una obstrucción visual puede ser menos peligrosa de noche que de día. En otras palabras, lo que de día puede ser una obstrucción visual, puede no serlo de noche.

Los camiones son menos propensos a acusar problemas de obstrucción visual en cambios de rasante y curvas, en parte, debido a que su ocultación es más difícil, debido a su tamaño y, en parte, porque el conductor va sentado a más altura y puede ver a más distancia.

Al estudiar las distancias visuales, en accidentes de tráfico, a que un conductor puede ver un vehículo que se aproxima, el investigador deberá tener en cuenta el elevado plano visual del conductor y la altura de su vehículo.

CAPÍTULO V: ESTUDIO DE VÍCTIMAS Y BIOMECÁNICA

1. INTRODUCCIÓN A LA BIOMECÁNICA DEL ACCIDENTE DE TRÁFICO

1.1. DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS

Entre los numerosos ámbitos y definiciones existentes al respecto, se puede decir que la Biomecánica es aquella parte de la ciencia que aplica las leyes del movimiento mecánico a los sistemas vivos, especialmente al aparato locomotor; que intenta unir, en los estudios humanos, la mecánica al estudio de la anatomía y de la fisiología, y que cubre un gran abanico de sectores a analizar desde estudios teóricos del comportamiento de segmentos corporales a aplicaciones prácticas en el transporte de cargas.

En el ámbito que aquí interesa, la Biomecánica es la ciencia que describe los mecanismos traumáticos, explicando las lesiones producidas en el organismo humano, mediante la integración de diferentes disciplinas, entre otras, la Epidemiología, la Física y la Ingeniería.

La Epidemiología describe los fenómenos lesivos según su número, gravedad o tipo. La Física trata de reproducir las fuerzas que han causado determinadas deformaciones y de ello deducir las lesiones producidas, todo esto mediante el estudio de las leyes que rigen el movimiento de los cuerpos y la energía cinética producida en ese movimiento. La Ingeniería trata de reducir la producción de accidentes con la seguridad activa y las consecuencias lesivas del accidente mediante la seguridad pasiva.

Entre los diferentes campos de aplicación de esta ciencia, se ha desarrollado el área **Vial**, que analiza el comportamiento de los seres humanos frente a las colisiones y los impactos. Se intentan explicar las consecuencias traumáticas que determinan los hechos de la circulación en las personas, y en definitiva para la investigación y reconstrucción de los AT.

1.2. ESTUDIO MECÁNICO DE LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS

En este epígrafe se van a aplicar los conceptos generales de la Mecánica a cada uno de los diferentes tejidos y sistemas del cuerpo humano.

1.2.1. Tejido óseo

El tejido óseo está compuesto esencialmente por tejido conjuntivo con la sustancia intercelular mineralizada, siendo, de entre todos los tejidos conectivos, el único que responde a la denominación de tejido duro.

El hueso posee una resistencia a la tensión similar a la del hierro, pero es tres veces más ligero y diez veces más flexible. El esqueleto se adapta a su función específica en el organismo tanto respecto a su configuración como a su estructura microscópica. Las distintas cargas que actúan sobre los huesos se encuentran relacionadas con las diversas actividades del individuo, tanto compresivas, como de tracción o de cizalladura. El hueso esponjoso (formado por partes con muchas cavidades intercomunicadas) trabaja principalmente a compresión, en cambio, el hueso cortical (más denso) debe soportar fuerzas de compresión, tracción y

cizalladura. En líneas generales, la fase mineral del hueso le confiere su resistencia a la compresión y cizalladura, mientras que el colágeno le proporciona su resistencia a la tracción.

El hueso responde con un patrón característico a las fuerzas aplicadas sobre su superficie, que depende del tipo de fuerza, densidad, arquitectura y composición del tejido. La primera fase es elástica y genera una deformación temporal que se mantiene mientras actúa la fuerza, para luego recuperar su forma original. Si la fuerza aumenta, se entra en una fase plástica y el hueso, aunque se recupera parcialmente, queda deformado. Por último cuando la fuerza aplicada es superior a la resistencia del tejido se produce la fractura.

Las fuerzas que actúan sobre el tejido óseo son tensión, compresión y torsión. Además pueden ser aplicadas de forma perpendicular a la superficie ósea, como fuerza normal, o de forma oblicua, como fuerza de cizallamiento.

Los huesos largos, formados fundamentalmente por tejido cortical, son elásticos y poco plásticos, por lo que su resistencia es mayor cuando la fuerza se aplica de manera vertical al sentido de la carga. Cuando la fuerza actúa de forma oblicua la fase plástica se acorta y el hueso se fractura con mayor rapidez.

En los huesos integrados por tejido esponjoso, la resistencia es mayor cuando la fuerza se aplica a lo largo de su eje vertical. Estos huesos al ser menos densos, son más plásticos y menos elásticos, por lo que pueden resistir deformaciones mayores. En los huesos esponjosos las fracturas se producen con variaciones de longitud de alrededor de un 7%, en cambio, en los huesos corticales bastan modificaciones de alrededor de un 2%.

1.2.2. Sistema muscular

La vertiente más importante de la función muscular es su contractilidad, o bien se contrae al máximo o no efectúa contracción alguna.

Otro principio que hay que tener en cuenta es el denominado de inervación recíproca de Sherrington, según el cual existe una correlación funcional en la inervación de los distintos músculos del aparato locomotor de forma que al contraerse un grupo muscular su antagonista se relaja de forma simultánea. En cuanto al acortamiento muscular contráctil se puede reseñar, más por su carácter de esquema orientador que por su valor absoluto, la denominada Ley de Webber-Fick, según la cual la longitud total del músculo en reposo es el doble de la longitud que este mismo músculo posee cuando se haya contraído al máximo.

1.2.3. Sistema articular

Según Jouvencel, los movimientos que pueden realizar las articulaciones son:

- **Deslizamiento.** De las dos superficies articulares que componen una articulación, una de ellas se desplaza sobre la otra.
- **Giro.** Dos puntos de contacto, situados cada uno en una de las dos superficies de la articulación, se van a separar o aproximarse al moverse ésta de tal forma que cada uno guarda la misma distancia que el opuesto con relación al punto de contacto inicial. Es el caso que representa una rueda girando.
- **Rotación.** El eje de una de las diáfisis osteoarticular sirve de centro de movimiento a la otra, describiendo los puntos de contacto de las dos superficies de la zona articular, círculos que se mueven en sentido contrario.

1.3. EL TRAUMATISMO

Se entiende por traumatismo el conjunto de lesiones del revestimiento cutáneo que interesan un tejido, un órgano o un segmento de miembro, provocadas accidentalmente por un agente exterior, o un conjunto de trastornos resultantes de dichas lesiones.

Otro término similar al anterior es el de trauma, que en el sentido que aquí interesa en este módulo, es una herida o lesión caracterizada por una alteración estructural o un desequilibrio fisiológico causado por la exposición aguda a energía mecánica, térmica, eléctrica o química; o por la ausencia de elementos esenciales como calor u oxígeno.

1.3.1. Lesión

Se entiende por lesión cualquier alteración patológica en la textura de los órganos tales como lloga, contusión, inflamación, tumor, o cualquier otro daño o perjuicio. En el documento de la Sociedad de Ingeniería de la Automoción (SAE) número SAE J885, titulado *“Human Tolerance to Impact Conditions as Related to Motor Vehicle Design”*, se define la lesión como la perturbación física, el daño, o la destrucción de una estructura biológica que imposibilita o impide su normal funcionamiento.

Las lesiones se producen cuando una determinada estructura corporal ve superado su límite de resistencia por la energía y aceleraciones a que ha sido sometida.

Para que un cuerpo en movimiento pueda perder velocidad, su energía cinética debe ser transmitida a otro cuerpo. Esta transferencia de energía ocurre también en caso de un accidente de tráfico, y afecta de igual forma a los cuerpos de las personas ocupantes de los vehículos implicados en el mismo. La transformación de la energía cinética, tanto en el espacio como en el tiempo, es determinante para reducir la severidad de las lesiones y pueden suponer la diferencia entre sobrevivir o no.

La Biomecánica del trauma utiliza los principios de la Mecánica para estudiar la respuesta y los niveles de tolerancia de los tejidos biológicos bajo condiciones extremas de carga. A través del conocimiento de los factores mecánicos que influyen en la función y estructura de los tejidos humanos se pueden concebir las medidas para aliviar, o incluso eliminar esas lesiones. Los estudios de Biomecánica del trauma tratan una amplia variedad de materias tales como Anatomía, clasificación de las lesiones, mecanismo de las lesiones y criterios de severidad de las lesiones.

1.3.2. Mecanismo de lesión

Por mecanismo lesional, se entiende la correspondiente forma en que actúa la causa responsable del hecho traumático, es decir, el modo en que incide, se proyecta y desarrolla sobre el cuerpo humano. Tanto es así que el mecanismo presenta un marcado carácter activo, y se desencadena una vez que la causa se origina.

En los accidentes de tráfico, especialmente en aquellos que consisten en colisiones, se pueden analizar en tres impactos sucesivos perfectamente diferenciados:

- **Impacto con el Vehículo:** el primer impacto se produce cuando el vehículo colisiona contra el objeto u otra unidad de tráfico.
- **Impacto Corporal Externo:** el segundo impacto ocurre cuando el ocupante del vehículo golpea con su cuerpo cualquier estructura dentro del habitáculo.

- **Impacto Corporal Interno:** el tercer impacto se desencadena dentro del cuerpo del ocupante, cuando los órganos (cerebro, corazón, hígado, etc.) impactan con las estructuras óseas es decir, cráneo, esternón, costillas, espina dorsal o pelvis.

Si atendemos a los diferentes tipos de esfuerzos a que se pueden someter a determinados órganos o partes del cuerpo, los mecanismos de lesión que se observan en las víctimas de los AT se pueden encuadrar en alguno de los cinco siguientes, bien sean solos o combinados:

- **Flexión:** suele producir fracturas transversales.
- **Extensión:** puede producir fracturas transversales y luxaciones articulares.
- **Tracción:** suele producir desgarros cutáneos, musculares o luxaciones.
- **Compresión:** Se debe a la aplicación de una fuerza en sentido longitudinal. Es un mecanismo que explica las fracturas por estallido de cuerpo vertebral o la rotura diafragmática por compresión abdominal excesiva. Es la lesión o rotura de los tejidos por aplicación de una fuerza, que se produce cuando se supera la capacidad de los tejidos de absorber energía sin producir alteraciones estructurales significativas.
- **Torsión:** suele producir fracturas espiroideas o por torsión. Caso típico del esquiador, cuyo esquí queda atrapado fijo, produciéndose un giro brusco de su cuerpo sobre la pierna que actúa de eje.

2. LOS CRITERIOS DE MEDICIÓN DE LA SEVERIDAD DE LAS LESIONES

En nuestros días, las escalas y sistemas de puntuaciones de severidad de las lesiones, en términos generales, son evaluaciones en las que implícitamente se utilizan cuatro criterios:

- Amenaza para la vida
- Daño permanente
- Periodo de tratamiento
- Disipación de energía

La necesidad de un sistema de estandarización y clasificación de las lesiones y de su gravedad se hizo evidente a mediados de la década de los años sesenta, momento en que empezaron a constituirse los primeros equipos multidisciplinares para la investigación de los AT. Estos equipos, constituidos por especialistas en técnicas automovilísticas, medicina, anatomía, fisiología y accidentología, tenían y tienen como objetivo, asegurar los datos epidemiológicos de los accidentes y los parámetros de evaluación de las relaciones entre el diseño de los vehículos, la incidencia de los traumatismos y sus mecanismos.

2.1. LA ESCALA ABREVIADA DE LESIONES (AIS)

El sistema de clasificación AIS (Abbreviated Injury Scale) es una clasificación de lesiones, específicamente diseñada para traumatismos, basada principalmente en descriptores anatómicos del tejido dañado a causa de lesión, cuya primera escala fue creada en 1971 por un comité pluridisciplinar nombrado bajo los auspicios de la Asociación Médica Americana (American Medical Association, en siglas AMA), de la Asociación para el Progreso de la Medicina Vial (Association for the Advancement of Automotive Medicine, en siglas AAAM) y la Sociedad de Ingeniería de Automoción (Society of Automotive Engineers).

Después de varias modificaciones a lo largo del tiempo, en 2005 sufrió su última revisión en uso en la actualidad, siendo, la escala de medición de severidad de las lesiones más utilizada en el mundo.

La escala AIS tiene dos componentes: en primer lugar, el identificador numérico de la lesión, denominado código “predot”, y en segundo el código “postdot” de puntuación de severidad, y da la medida de la severidad de una lesión individualmente considerada, por lo que no es adecuada para describir el estado global de las personas politraumatizadas, y tampoco tiene en cuenta las consecuencias y secuelas de las lesiones, por lo que no puede ser utilizada para indicar los daños o incapacidades que sobrevienen a consecuencia de las lesiones.

2.2. OTROS INDICADORES DE LA SEVERIDAD GLOBAL DE LAS LESIONES

Para solucionar los problemas de la AIS, diversos autores realizaron investigaciones encaminadas a definir otro índice más completo que tuviese en cuenta la puntuación compuesta de las diferentes lesiones. Como resultado de lo anterior, vieron la luz los siguientes sistemas de puntuación:

- *El Índice de Severidad de las Lesiones (Injury Severity Store, ISS)*

Este sistema de clasificación, es una escala numérica que se consigue sumando los cuadrados de los tres valores más altos de la escala AIS, según cada región anatómica

interesada en el accidente, y en el que la probabilidad de morir se asigna en función de la puntuación alcanzada.

- *El Nuevo Índice de Severidad de las Lesiones (New Injury Severity Store, NISS)*

Se calcula mediante la suma de los cuadrados de las tres puntuaciones más altas AIS, sin tener en cuenta su localización corporal. Se trata de una revisión del sistema ISS que se ha creado para cubrir el tema de las múltiples lesiones en la misma región anatómica.

- *Perfil Anatómico (Anatomic Profile, AP)*

Este sistema de puntuación de la severidad vio la luz para solucionar los defectos de la ISS e incrementar la precisión en los supuestos de puntuaciones de lesiones múltiples.

2.3. CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL DE ENFERMEDADES

La Clasificación Internacional de Enfermedades (International Classification of Diseases, ICD), es una clasificación de diagnósticos de propósito general, y sus materias relacionadas, para todas las condiciones de salud e incluye códigos de diagnósticos para la naturaleza de las lesiones y para las causas externas de esas lesiones, pero no de la dimensión explícita de la gravedad de la lesión. El ICD es ampliamente utilizado para clasificar las condiciones de salud en sus facetas clínica, administrativa, de promoción de la salud pública y de investigación en todo el mundo, y a sus siglas se añade el numeral de la revisión que corresponde del original, aprobado en 1893 en Chicago por el Instituto Estadístico Internacional.

El **ICD-9** es un desarrollo de lo que originalmente fue un sistema de clasificación de las causas de mortalidad que incluye información sobre la morbilidad. En este sistema de clasificación, las lesiones tienen asignado un número, que básicamente sigue una secuencia. El código numérico no está organizado para permitir distinguir entre las diferentes regiones anatómicas. Ningún aspecto sobre la severidad de la lesión o daños, ni la información de los códigos pueden ser utilizados para el análisis informático sobre la localización anatómica.

En 1998, el ICD-9 empieza a jugar un nuevo y preeminente rol en las investigaciones de accidentes en Estados Unidos por ser utilizado en el Sistema de Información de Colisiones Mortales (Fatal Crash Reporting System, FARS) y en los datos de mortalidad de Causas Múltiples de Muerte (Multiple Cause of Death, MCOD). FARS-MCOD es la primera base de datos con lesiones codificadas en un sistema estándar internacional.

Una propuesta para utilizar el ICD para la evaluación de la gravedad utilizó como base el desarrollo de un programa informático llamado ICDMAP que traduce el código ICD-9 de diagnósticos, en códigos AIS pre-dot descriptores de lesiones e índices de lesividad. Inmediatamente después, el programa utiliza el índice de lesividad AIS para calcular el ISS, el NISS, y los componentes de la AP para cada lesión individualmente considerada.

El **ICD-10** es la mayor revisión acometida del estándar internacional del ICD, y los cambios con respecto al ICD-9 se centran en el código de la estructura, la organización de la lesión y las reglas de codificación.

3. RECOGIDA DE DATOS SOBRE LOS MOVIMIENTOS Y TRAYECTORIAS DE LAS VÍCTIMAS DEL ACCIDENTE: DE LA POSICIÓN INICIAL A LA POSICIÓN FINAL

3.1. MOVIMIENTOS DE LOS OCUPANTES DE UN VEHÍCULO DURANTE UNA COLISIÓN

Un incidente traumático sufrido por el ocupante de un vehículo a consecuencia de una colisión está constituido por tres fases, que requieren analizarse independientemente:

- **Fase de precolisión:** se refiere a los eventos que conducen al incidente traumático, tales como la velocidad del choque, el estado de la carretera, los mecanismos de protección, etc.
- **Fase de colisión:** se refiere a las alteraciones que se producen en el momento del incidente, y como afecta al cuerpo humano la cantidad de energía intercambiada.
- **Fase de postcolisión:** se estudia la situación clínica del paciente en el lugar del accidente, descrita por el personal sanitario que lo asiste inicialmente, la asistencia proporcionada, las condiciones y tiempo de traslado en cualquier caso, la prevención de lesiones secundarias, los tiempos en iniciar medidas de resucitación, el tipo de hospital al que fue trasladado y los cuidados que allí recibió de forma previa a su ingreso.

La mayoría de los ocupantes sufren durante las colisiones entre vehículos, vueltas e impactos con obstáculos. Para producir un vehículo seguro y evitar las lesiones más peligrosas, es importante saber cómo se mueve un ocupante en el interior de un vehículo durante un choque, qué parámetros son los que influyen en la dinámica de los ocupantes, qué superficies dentro del automóvil golpean a las personas y cuáles son las partes del cuerpo más vulnerables. Para ello, en este epígrafe seguiremos el trabajo realizado por Pelenytė y Jurkauskas.

3.1.1. Parámetros y factores de influencia en el movimiento de los ocupantes

Generalizando los resultados de múltiples investigaciones, es posible afirmar que el movimiento de un ocupante en los supuestos analizados depende de los siguientes factores:

- **El tipo de colisión vehicular:** Frontal, lateral, alcance o vuelco.
- **Localización de las personas en el interior del vehículo durante la colisión:** Conductor, pasajero en asiento delantero o en asiento trasero.
- **Los sistemas de seguridad pasiva empleados:** Cinturón de seguridad, air bags y sistemas de retención infantil.
- **Los parámetros que definen a los vehículos implicados en la colisión:** Tipo, altura y peso; modo de movimiento antes de la colisión (frenado, sin frenar, acelerado, movimiento angular, deslizamiento lateral, decelerando...); velocidades de colisión; y evolución después de la colisión: rotando alrededor de su eje, frenando o deslizando hasta la posición final, volcando o saliéndose de la calzada.

3.1.2. Procesos en el vehículo durante la colisión

Analizando cualquier colisión durante determinados intervalos, es posible diferenciar dos fases desde su comienzo hasta la parada completa en la posición final.

La primera fase de la colisión se produce cuando el automóvil impacta con otro o con un objeto inmóvil y comienza a deformarse. En este primer impacto el vehículo lleva una cierta aceleración que desciende drásticamente y cambia de dirección. Mientras tanto el cuerpo humano por inercia se mueve en la dirección que el vehículo llevaba antes de colisionar. Durante la colisión las personas se ven afectadas por la energía del impacto, que es directamente proporcional a las aceleraciones que se producen.

La segunda fase de la colisión ocurre cuando el vehículo y el obstáculo empiezan a empujarse el uno al otro, comenzando la separación. Un vehículo puede deformarse hasta un cierto límite y bajo la influencia de la elasticidad y la fuerza centrífuga rebota hacia atrás a partir del objeto. En este momento el air bag se desinfla y la tensión del cinturón de seguridad decrece. La dirección de la aceleración de los ocupantes coincide con la del vehículo.

Si la colisión es excéntrica, aparecen fuerzas tangenciales, pares de fuerza y aceleraciones angulares, a consecuencia de las cuales los vehículos cambian la dirección de su movimiento o giran. Como el contacto es extremadamente breve (del orden de 200 msg.), se asume que la posición apenas cambia y consecuentemente la dirección general de deformación, como regla, coincide con la dirección del vector incremento o decremento de velocidad, conocido como Delta-V (ΔV). Si se determina con precisión la dirección de la fuerza de deformación, conocida como Dirección Principal de la Fuerza de Deformación (PDOF), se puede determinar el ángulo de incidencia de ambos objetos.

En el momento de la colisión la energía cinética es absorbida por las partes de los vehículos en contacto. En el caso de que la colisión sea muy fuerte, una parte de la energía se transmite al interior. A mayor área de deformación, menor probabilidad de ser lesionado.

3.2. MECANISMO LESIONAL DE LOS OCUPANTES EN ATENCIÓN A LAS CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS DE LA COLISIÓN

Cada tipología de colisiones de automóviles tiene una dinámica propia, de acuerdo con la cual los movimientos e impactos de los ocupantes les producen distintos tipos de lesiones.

3.2.1. Colisión frontal

La colisión frontal puede ser definida como el impacto de un vehículo con otro o con un objeto, bien con toda la zona anterior, -colisión completa o estrictamente frontal-, o bien con una zona parcial, - colisión parcial, desplazada o angular-. En esta colisión se reduce la velocidad de las unidades de tráfico implicadas, lo que sirve de base para determinar el comportamiento y magnitud de las aceleraciones y el cambio de velocidad, -Delta V o ΔV -, que soportarán sus ocupantes.

Este parámetro denominado variación o incremento de la velocidad, se define como la diferencia entre la velocidad de impacto y la velocidad después del choque,

$$\text{Delta V} = \Delta V = V_{\text{separación}} - V_{\text{impacto}}$$



Colisión frontal entre dos vehículos

En las colisiones frontales que se producen en los experimentos controlados, -crash test-, la distancia de detención de un vehículo tipo, a una velocidad de impacto de 50 Km/h. contra una barrera indeformable, es de unos 60 cm. Se comprueba como regla general, que por cada 2'5 cm. de deformación de la estructura, se calcula un aumento en la Delta-V de 1'6 km/h. por término medio. En el caso de una colisión a 50 km/h. se estima que el valor de la deceleración alcanza unos 15 g., y en la práctica real ese valor se encuentra en un rango que oscila entre 18 y 28 G.

Si suponemos la situación del conductor podemos valorar que en una colisión frontal y con las estructuras actuales de los vehículos, su impacto con ellas sería secuencial, de tal forma que el primer contacto lo sufriría en las rodillas, con una velocidad pequeña. Esa velocidad aumentará según vaya aumentando el tiempo del impacto y la distancia entre la zona del organismo y la estructura con la que impactará. Así tenemos como conclusión que el impacto del tórax y la cabeza contra el volante y la zona del parasol, respectivamente, serían las que contemplaran unas velocidades más altas en comparación con otras zonas del organismo.

Siguiendo con el ejemplo a una velocidad de 50 km/h, y sin que el conductor hiciera uso del cinturón de seguridad, observaríamos como su cabeza, que impactaría contra el parabrisas proyectándose a través del mismo hacia fuera unos 15 cm., sufriría una deceleración media de 60 G, con un pico máximo de unos 90 G. Si el choque fuera contra el marco del parabrisas o contra el pilar delantero, menos deformable, su distancia de deformación sería de unos 2 cm. y provocaría una aceleración sobre la cabeza de unos 500 G.

Si los ocupantes de los vehículos que colisionan no hacen uso del cinturón de seguridad, seguirán su trayectoria hasta que impacten contra algún obstáculo que frene su desplazamiento, -salpicadero, parabrisas, volante, respaldos,..., o podrán llegar a salir proyectados hacia el exterior del vehículo, especialmente en el caso de niños.

El desplazamiento sufrido por los ocupantes, haciendo uso del cinturón de seguridad, puede desarrollarse de modo general bajo dos formas muy distintas: en primer lugar, hacia delante y arriba; y en segundo lugar, hacia abajo y por debajo.

3.2.1.1. Proyección hacia delante y arriba

El conductor sufre un desplazamiento hacia arriba y por encima del volante, al tender el cuerpo a proyectarse en una dirección oblicua y hacia la parte superior del habitáculo. La cabeza por efecto de la inercia, llega a impactar con el parabrisas, el marco de alrededor, pilar delantero, volante y espejo retrovisor. La columna vertebral absorbe la energía y dependiendo

de la posición del cuello se pueden producir lesiones cervicales de diverso tipo, que condicionan lesiones inestables de columna o lesiones medulares altas.

Como consecuencia de la evolución normal de esta tipología de accidentes, el conductor o los ocupantes pueden sufrir el siguiente cuadro de lesiones, el cual dependerá igualmente de la velocidad de impacto y de las aceleraciones desarrolladas en la fase del accidente:

- Traumatismo craneoencefálico.
- Fractura costal, pudiendo desarrollar hemorragia como consecuencia de que un hueso pueda determinar la laceración de la arteria costal.
- Traumatismo torácico (externo, frontal, lateral o posterior), pudiendo determinar contusión del miocardio, neumotórax o lesiones de grandes vasos sanguíneos.
- Lesiones abdominales debidas al impacto del volante, penetración de objetos, o aceleraciones de los órganos.

También puede desarrollarse la denominada lesión de la bolsa de papel, en la que el conductor como mecanismo reflejo defensivo, hace una inspiración profunda guardando el aire, y al recibir el impacto puede provocar el estallido de los pulmones.

3.2.1.2. *El efecto submarino o inmersión*

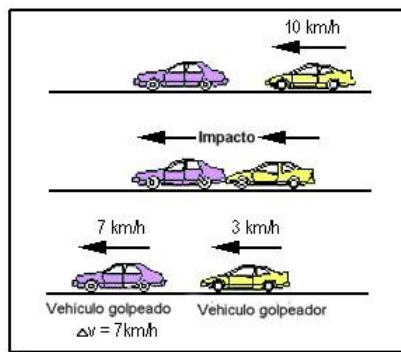
El conductor sufre un desplazamiento hacia abajo y por debajo del volante, a lo largo del cual se produce un impacto inicial de las rodillas contra el salpicadero y unos milisegundos después el tórax golpea contra el volante en el caso del conductor. Esta inmersión es un proceso en el que el cinturón de seguridad desliza por encima y hacia afuera de la zona anterior superior iliaca y se traduce en lesiones en abdomen y columna. Jouvencel señala como lesiones habituales en este movimiento biodinámico:

- Traumatismo en rodillas.
- Traumatismo en la cadera.
- Luxación posterior.
- Hemorragias.
- Lesiones intestinales.
- Lesiones del caquis lumbar.

3.2.2. **Colisión trasera o alcance**

Esta colisión se da cuando un vehículo está detenido o bien circulando y sufre un impacto por otro vehículo que le alcanza en la parte posterior.

En un choque por alcance, el vehículo impactante transfiere al que está detenido una energía en forma de movimiento de aceleración. El cambio de velocidad que experimenta el vehículo impactado, -Delta-V-, no es igual a la aceleración que sufre el vehículo y ni a la que se le transmite al ocupante.



Ejemplo gráfico del cálculo de la Delta-V en un alcance

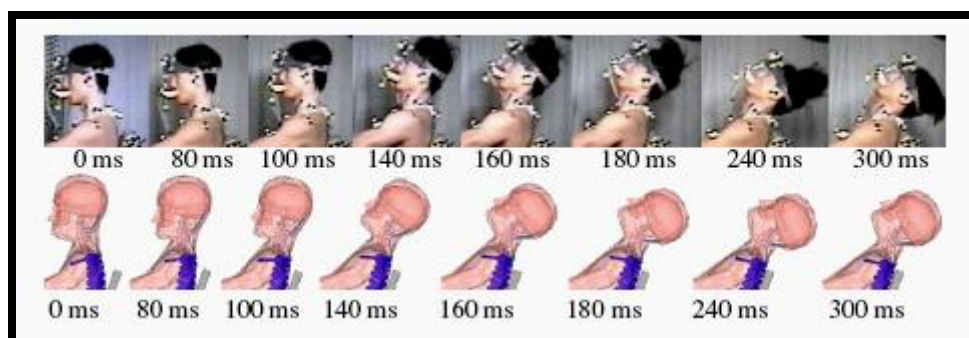
Atendiendo a la biodinámica de traumatismo por latigazo cervical, aún para colisiones a baja velocidad, –inferiores a 16 Km/hora–, las aceleraciones máximas actuantes con ocasión del impacto son ya considerables, tanto que un Delta V de 7’8 Km/h imprime una aceleración de 4’3 G en la fase de extensión del cuello.

Una velocidad de impacto de 32 Km/h le puede transmitir a la cabeza una aceleración máxima de hasta 12 G durante la extensión del cuello.

El cuerpo de los ocupantes del vehículo alcanzado tiende a dirigirse hacia delante por transmisión de la energía del vehículo incidente. El tórax es acelerado hacia delante junto con el respaldo del asiento, sin embargo, la cabeza retarda este movimiento respecto al tronco, porque no es acelerada con la misma magnitud que el resto del cuerpo, produciéndose de esta forma una hiperextensión hacia atrás en el supuesto que el reposacabezas no haya sido elevado adecuadamente. Este mecanismo lesional es conocido como latigazo cervical.

La figura abajo expuesta muestra el desarrollo de una colisión por alcance trasero y en ella se puede observar, esquemáticamente, el movimiento conjugado cabeza–cuello en diferentes instantes. De este modo, tendríamos:

- La postura inicial del conjunto cabeza–cuello.
- La retracción máxima entre los segmentos cabeza–cuello.
- La velocidad angular máxima es hacia delante–atrás.
- La hiperextensión.



Evolución temporal del latigazo cervical, tanto en un experimento con voluntarios como en una simulación informática

Las zonas vertebrales C5-C6, C6-C7 y C7-D1 son las que se ven sometidas a una especial tensión, con variaciones según el grado de aceleración a la que se ve sometida la cabeza.

3.2.3. Colisión lateral

En una colisión lateral entre dos vehículos, uno de ellos sufre un impacto lateral mientras el otro presenta un impacto frontal. En este tipo de colisiones los ocupantes sufren una aceleración que les aleja del punto de impacto. Se trata en realidad, de una aceleración como oposición a la deceleración.

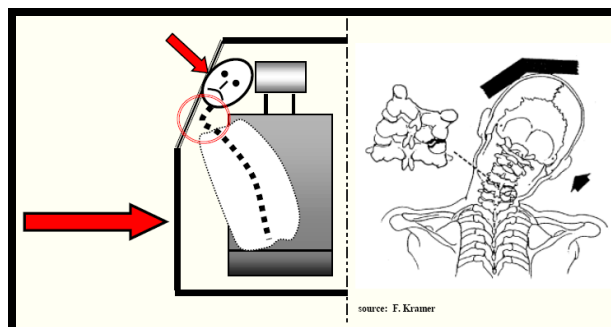
La mayoría de los puntos de impacto ocurren en un rango de ángulos de incidencia que van desde los 70° a los 115°, justo delante del ocupante delantero y el vehículo que colisiona circula con un ángulo aproximado de 65°. A igualdad de velocidad de impacto por el vehículo incidente, las lesiones son más graves que en el choque frontal, al estar más próximo el cuerpo al automóvil incidente o a las estructuras internas del vehículo.

Las lesiones por impacto lateral, y su severidad, vienen ligadas a las características del choque, la cinética y la biomecánica del ocupante en el momento de producirse el accidente.

Según Jouvencel, en el curso de este impacto todo el lateral del cuerpo del ocupante que se encuentra más próximo al punto del choque, está especialmente sujeto a los daños potenciales del choque, produciéndose en ocasiones la muerte instantánea, o a las pocas horas, así como lesiones complejas por politraumatismo u otras lesiones menores, todo ello dependiendo de las características del accidente. En ocasiones, para mejor comprender la patogénesis lesional, es importante conocer bien ciertas características del vehículo impactante, tales como la altura del parachoques, el ángulo de ataque, junto a las características de su contorno, -en V, anguloso, alto y plano-, además de su masa y la velocidad de impacto.

Podemos observar como las lesiones se producen en el punto donde se desencadenan las fuerzas de impacto en la carrocería del vehículo produciéndose una intrusión de las mismas dentro del habitáculo e impactando al ocupante. Como consecuencia de la posición del centro de gravedad del ocupante más próximo, se produce un giro de los segmentos superiores hacia la fuerza de impacto. En ese momento, la cabeza y el hombro impactan contra la luna y la puerta del vehículo. Posteriormente a esa colisión, y por efecto de la inercia, el ocupante puede salir despedido hacia el otro lateral, alejándose del punto de impacto. Los pasajeros del lado opuesto sufren en menor medida el traumatismo.

Según Ramet y Vallet, en el choque lateral los contactos de la cabeza contra la estructura del vehículo suelen ser de carácter aleatorio, pudiendo incidir en los cristales laterales o en el techo. También, pueden resultar lesionados por la proyección de los ocupantes unos contra otros. La bóveda del cráneo es una zona vital, y en ella se producen algunos tipos de lesiones severas, tales como fracturas en zonas variadas, con predilección de la zona temporo-frontal que pueden alcanzar al tejido nervioso, causando la muerte en el acto o en horas siguientes



También pueden darse lesiones a nivel de la articulación temporomandibular por mecanismos complejos, por contacto directo del arco mandibular con el airbag, etc.

Además de las lesiones en la cabeza, como lesiones posibles se anotan las siguientes:

– **Lesiones torácicas**

El impacto con la puerta del vehículo puede causar fractura de clavícula, costillas, o contusión torácica, alcanzando a la caja torácica y a su contenido. Cuando la intrusión provoca contacto con la parrilla costal, se pueden producir lesiones a nivel del tórax óseo e incluso en las vísceras intratorácicas. Las lesiones costales, en ocasiones, se asocian a otras producidas en el estómago, hígado, bazo, diafragma.

Una lesión que se puede presentar es el desgarramiento de la arteria aorta, provocada por la desaceleración brusca durante el choque, y se debe al movimiento del sujeto y de sus órganos internos, especialmente el corazón, al que está fijada la aorta. El ocupante del lado donde se produce el impacto tiene casi 15 veces más probabilidad de sufrir este tipo de lesión que los que lo están en el lado contrario. De igual forma, cuando el choque es lateral el riesgo de que se presente este cuadro es 18 veces mayor que cuando el impacto es frontal o posterior.

– **Lesiones vertebrales**

Cualquier segmento del raquis puede resultar afectado, aunque es el cuello el que está particularmente expuesto a causa de los mecanismos de aceleración/deceleración que tienen lugar en este tipo de impactos, donde además de las fuerzas actuantes en sentido flexo-extensor, se imprimen igualmente importantes movimientos de torsión sobre el eje del raquis, lo que puede dar lugar a daños importantes sobre la estructura anatómica afectada, dada la tolerancia limitada de estas partes anatómicas.

No obstante es la columna cervical la que está sujeta a un mayor daño potencial, pudiéndose producir lesiones generalmente más graves.

– **Lesiones abdominales**

En las lesiones abdominales y en las producidas en las vísceras contenidas en esta cavidad, -hígado, bazo, intestino o riñones-, toma un papel importante el mecanismo de cavitación, al margen de que se puedan lesionar por efecto de un impacto directo.

– **Lesiones pélvicas**

Según Ramet y Vallet, las fracturas de las alas ilíacas o de las ramas de la pelvis están muy ligadas a estos choques, ya que la intrusión de la superficie lateral al impactar contra la cadera ocasiona una compresión con fractura, ya en el punto de apoyo en la ala ilíaca o a distancia, a nivel de los puntos débiles, ramas ilíacas e isquiopúbicas. A su vez las lesiones pélvicas, en la separación de sus fragmentos pueden causar daños en recto, vejiga y uretra.

– **Lesiones en los miembros inferiores.**

Se ven especialmente favorecidas dado el reducido espacio del habitáculo a nivel de los pies. La amplitud de la deformación provoca que estas extremidades queden aprisionadas y sufran lesiones y fracturas, con mayor gravedad en la más próxima al punto de impacto.

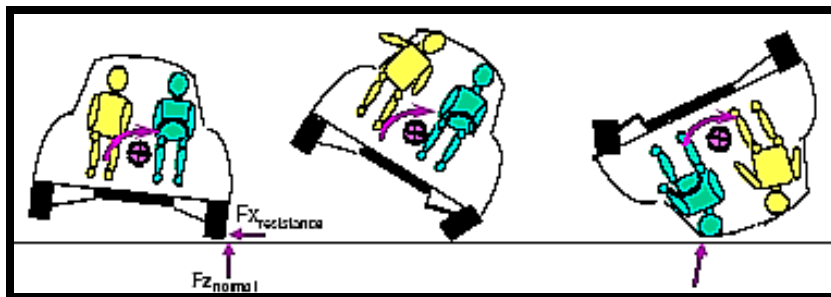
3.2.4. Vuelco

Howard resumió la dinámica de los ocupantes en cada fase del vuelco:

- **Fase de tropiezo:** Cuando en su movimiento el vehículo colisiona con un obstáculo, el ocupante continúa moviéndose en la dirección inicial del vehículo.
- **Fase de vuelo:** Cuando el vehículo gira, el ocupante se moverá hacia arriba y hacia fuera, alejándose del centro de gravedad del vehículo.
- **Fase de impacto en el suelo:** Cuando el vehículo impacta en el suelo, el ocupante continuará moviéndose en la dirección de la velocidad inicial, dirigiéndose hacia el interior del vehículo hasta que impacta con alguna parte de la carrocería.

Cuando el ocupante de un vehículo que vuelca no lleva puesto el cinturón de seguridad puede golpear en cualquier parte del habitáculo del mismo. Por lo general esta categoría de accidentes produce lesiones más severas, porque los movimientos que ocurren durante el vuelco son más violentos y múltiples.

En el vuelco se disipa la energía en un espacio largo de tiempo. Se desplaza el centro de gravedad al rotar y el primer contacto es de la cabeza contra el techo, produciéndose la mayor lesión por la acción de las fuerzas de compresión e inclinación a nivel de cuello.



Detalle de los movimientos que sufre el vehículo y sus ocupantes, como consecuencia de un vuelco lateral.

No obstante, tal y como señala Jouvencel, en líneas generales, puede afirmarse que:

- Si el vehículo da vueltas las lesiones son imprevisibles. En cada vuelta los ocupantes son proyectados contra la otra parte del vehículo.
- Si la víctima sale proyectada fuera del vehículo, las lesiones sufridas estarán en relación con los objetos que el cuerpo encuentre en su trayectoria: el parabrisas, otro vehículo, una señal de tráfico, una piedra, etc.
- La probabilidad de lesión medular en la persona que sale proyectada del vehículo se incrementa en un 1.300 %, y la probabilidad de muerte de un 300%.

3.3. RECOGIDA DE DATOS

Las lesiones de los ocupantes nos pueden mostrar también los movimientos realizados por las unidades de tráfico tanto en la fase de colisión como en la postcolisión, o bien y sobre todo en la reconstrucción de atropellos, que método fisicomatemático es el más idóneo.

Un equipo de investigadores de la Universidad de Michigan, dirigido por Melvin, en un estudio realizado para la Asociación Americana de Fabricantes de Automóviles establecieron, en 1983, una metodología para la investigación biomecánica de accidentes de tráfico que se basaba en el desarrollo de los siguientes cuatro apartados:

- Descripción del accidente incluyendo daños en el vehículo y lesiones.

- Definición geométrica de los vehículos implicados.
- Cinemática de los ocupantes durante la secuencia de la colisión.
- Dinámica de los ocupantes incluyendo fuerzas y aceleraciones en cabeza y pecho.

Con el estudio de estas cuatro materias se pretendía realizar la reconstrucción de la cinemática de los ocupantes en casos reales de colisiones de automóviles.

3.3.1. Descripción de las víctimas y lesiones que presentan

El estudio de las lesiones sufridas en un AT pueden aportar información básica para realizar la reconstrucción técnica del mismo, por más que se haya señalado que ésta es una investigación muy delicada que sólo puede dar resultados positivos si se conocen los grupos generales de lesiones para cada tipo de accidente y el elemento que los ha provocado.

- **Identificación del lesionado:** Se trata de hacer constar la identidad y las características antropométricas de la víctima (altura, peso, índice de masa corporal, complexión/obesidad, etc.) u otras importantes, como edad, sexo, embarazo, etc.
- **Lesiones apreciadas en la víctima, número e intensidad de las mismas.** Se pretende establecer las lesiones y heridas producidas por los diferentes impactos sufridos por el cuerpo humano para confrontarlas con los posibles movimientos realizados por el cuerpo y con los elementos con los que haya podido impactar.

Jouvencel, en el libro que aparece en la referencia, incluye un modelo de toma de datos de los accidentes de tráfico, en el que se dedica una especial atención a los aspectos biomecánicos de la investigación.

También son necesarios otros datos sobre el conductor o conductores de los vehículos implicados, tales como su historial de infracciones y accidentes, el número de años de tenencia del permiso de conducción, duración del viaje...

3.3.2. Descripción de los vehículos implicados

Desde el punto de vista biomecánico, el vehículo juega un papel doble: en primer lugar como determinante de la energía cinética, fuerzas y aceleraciones que se ponen en juego en todo tipo de colisiones; y en segundo lugar, por ser el continente de los elementos que impactan con el cuerpo humano en el mecanismo lesional directo produciendo las correspondientes lesiones. Por estos motivos es necesario determinar los siguientes datos:

- **Identificación del vehículo.**
- **Tipo, descripción y características del vehículo.** Tales como dimensiones, potencia, sistemas y grupos mecánicos, entre otros.
- **Configuración y condiciones del habitáculo.** Catalogar en primera instancia como grande, pequeño o mediano. Interesa conocer determinadas medidas, en especial aquello que pudiera impactar contra distintas regiones o segmentos corporales.
- **Huellas biológicas en el vehículo.** Restos orgánicos y otros vestigios que delaten la interacción de la víctima dentro del habitáculo o el punto de contacto (atropellos).
- **Los daños ocasionados por la víctima dentro del vehículo.** A consecuencia del accidente los ocupantes producen unos daños en diferentes partes del vehículo (guarnecidos de puertas, volante, salpicadero, pilar, parabrisas, etc.), que sirven para establecer la correspondencia con las lesiones correspondientes a cada área corporal
- **Daños apreciados en el vehículo,** estimando las direcciones principales de impacto (PDOF), fuerzas de deformación y energías disipadas.

- **Elementos de seguridad:** Determinar los elementos de seguridad con que estaba dotado el vehículo tales como cinturón de seguridad, reposacabezas o airbag.

3.3.3. Descripción del escenario

La descripción del escenario es importante para poder reconstruir las trayectorias y movimientos de los vehículos implicados, es decir, para determinar la dinámica de la colisión. Entre otros datos, es necesario reflejar las características de la vía, y observar en la fase postcolisión las trayectorias y posibles impactos posteriores contra obstáculos, saltos, etc. Esta descripción puede realizarse de varias formas, pero lo normal es dejar constancia de ella mediante un croquis, un reportaje fotográfico y una serie de medidas determinadas obtenidas a partir de los puntos de referencia.

3.3.4. Dinámica de la colisión

En primer lugar se ha de determinar la tipología básica de la colisión, es decir, si se trata de una colisión frontal, alcance, impacto lateral o vuelco. A continuación se han de catalogar otros aspectos secundarios de la colisión: si fue un impacto centrado o excéntrico, si fue completo o parcial, o si se trató de un impacto angular, perpendicular o colineal. Hay que fijar el punto de partida inicial referido a la ubicación del lesionado en el interior del vehículo, -conductor, copiloto u ocupante de los asientos traseros-, así como su posición inicial y su postura en la fase preimpacto.

A continuación se expone un estudio realizado por la Dra. Aroca sobre las lesiones observadas en AT teniendo en cuenta el tipo de vehículo y la posición que ocupaba la víctima.

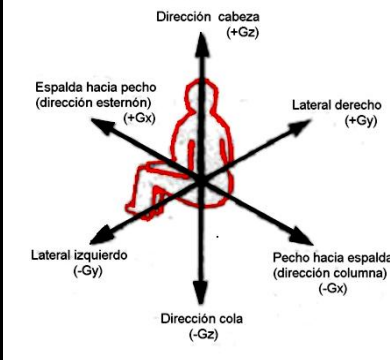
Tipo de vehículo		Situación en el vehículo					Total
		Acompañante 2	Acompañante 3	Ciclista	Conductor	Peatón	
Turismo	Fractura de cráneo	32,5%	15,0%		52,5%		100,0%
	Fracturas de cuello y tronco	11,1%	22,2%		66,7%		100,0%
	Fractura de miembro superior	28,6%			71,4%		100,0%
	Fracturas de miembro inferior	21,4%	10,7%		67,9%		100,0%
	Esguinces y torceduras de articulaciones y músculos adyacentes	22,7%	22,7%		54,5%		100,0%
	Lesión intracraneal, salvo aquellas con fractura de cráneo	25,0%	8,8%		66,2%		100,0%
	Lesión interna de tórax, abdomen y pelvis	24,0%	12,0%		64,0%		100,0%
	Heridas abiertas de cabeza, cuello y tronco	10,0%	30,0%		60,0%		100,0%
	Contusión con superficie cutánea intacta	23,7%	20,3%		55,9%		100,0%
	Ciertas complicaciones traumáticas y lesiones no especificadas	19,6%	15,7%		64,7%		100,0%
	Total	22,0%	16,1%		61,9%		100,0%
Moto	Fractura de cráneo	27,3%			72,7%		100,0%
	Fracturas de cuello y tronco	10,0%			90,0%		100,0%
	Fractura de miembro superior	25,0%			75,0%		100,0%
	Fracturas de miembro inferior	6,3%			93,8%		100,0%
	Esguinces y torceduras de articulaciones y músculos adyacentes	33,3%			66,7%		100,0%
	Lesión intracraneal, salvo aquellas con fractura de cráneo	19,2%			80,8%		100,0%
	Lesión interna de tórax, abdomen y pelvis				100,0%		100,0%
	Heridas abiertas de cabeza, cuello y tronco	10,0%			90,0%		100,0%
	Contusión con superficie cutánea intacta	33,3%			66,7%		100,0%
	Ciertas complicaciones traumáticas y lesiones no especificadas	6,3%			93,8%		100,0%
	Total	15,8%			84,2%		100,0%
Resto	Fractura de cráneo			11,1%		88,9%	100,0%
	Fracturas de cuello y tronco			33,3%	33,3%	33,3%	100,0%
	Fractura de miembro superior					100,0%	100,0%
	Fracturas de miembro inferior					100,0%	100,0%
	Lesión intracraneal, salvo aquellas con fractura de cráneo			44,4%	22,2%	33,3%	100,0%
	Lesión interna de tórax, abdomen y pelvis			66,7%	33,3%		100,0%
	Heridas abiertas de cabeza, cuello y tronco					100,0%	100,0%
	Contusión con superficie cutánea intacta	50,0%			50,0%		100,0%
	Ciertas complicaciones traumáticas y lesiones no especificadas			33,3%	33,3%	33,3%	100,0%
	Total	2,9%		26,5%	17,6%	52,9%	100,0%

Estudio estadístico de lesiones según el tipo de vehículo y la situación que ocupaba en el mismo la víctima

4. TIPOLOGÍA DE LESIONES EN FUNCIÓN DE LA REGIÓN ANATÓMICA AFECTADA

4.1. MECANISMO LESIONAL EN ATENCIÓN A LA REGIÓN ANATÓMICA INTERESADA EN EL ACCIDENTE

A continuación se exponen los límites de tolerancia humanos, generalmente aceptados, para la aceleración a lo largo de los tres ejes ortogonales para pulsos típicos de colisiones en jóvenes varones que hacen uso del cinturón de seguridad. Pese al componente generalizador de estos valores no se puede negar la utilidad de esta tabla:

	Dirección de la fuerza de aceleración	Respuesta inercial ocupante	Nivel de tolerancia
	Hacia la cabeza (+Gz)	Hacia abajo	25 G
	Hacia la cola (-Gz)	Hacia arriba	15 G
	Lateral derecha (+Gy)	Hacia la izquierda	20 G
	Lateral izquierda (-Gy)	Hacia la derecha	20 G
	Espalda hacia Pecho (+Gx)	Hacia dentro	45 G
	Pecho hacia espalda (-Gx)	Hacia afuera	45 G

Convención NATO de Direcciones de las fuerzas de aceleración

Referencia: DEPARTMENT OF U.S ARMY: Occupant Crash Protection Handbook For Tactical Ground Vehicles (Light, Medium and Heavy Duty), U.S Army Department, Washington, USA, (2005), pgnas. 112.

El análisis de datos recientes obtenidos a partir de los crash test con vehículos instrumentados de la Formula Indy, ha empezado a cambiar la idea de que el límite de protección se encuentra en una aceleración de 40 G en cabina. En colisiones reales de estos vehículos, se han alcanzado valores de aceleración frontal que rondan las 62 G medidas en cabina y sufriendo el conductor únicamente lesiones leves. La compilación de estos datos sugiere que cuando los diseños de los vehículos tienen en consideración la estructura, los sistemas restrictivos del movimiento y otros sistemas de protección, los límites actuales de supervivencia a la colisión pueden superarse.

Acudiendo de nuevo a la Dra. Aroca, se presenta una tabla con los diferentes tipos de lesiones catalogadas en función del vehículo y atendiendo a la tipología dinámica del accidente de tráfico.

En ella, se observa la importancia de las lesiones en la cabeza, independientemente del vehículo utilizado, como la dinámica del accidente matiza enormemente las lesiones que puede sufrir un ocupante de un vehículo y como la mayor gravedad de las lesiones se da en aquellos tipos de accidentes donde la velocidad excesiva e inadecuada figuran como algunas de las principales causas de este tipo de accidentes y donde además el intercambio de velocidad (Delta-V) es muy superior.

Tipo de vehículo		Tipo de accidente									Total
		Colisión frontal	Colisión lateral	Colisión por alcance	Colisión en cascada	Choque con vehículo parado	Salida de la vía	Atropello peatón	Atropello animal	Otro tipo de accidente	
Turismo	Fractura de cráneo	27,5%	5,0%	2,5%		5,0%	50,0%	2,5%		7,5%	100,0%
	Fracturas de cuello y tronco	16,7%	5,6%		2,8%	2,8%	55,6%			16,7%	100,0%
	Fractura de miembro superior	21,4%	21,4%	14,3%			35,7%			7,1%	100,0%
	Fracturas de miembro inferior	21,4%	14,3%	7,1%	7,1%	3,6%	35,7%			10,7%	100,0%
	Esguinces y torceduras de articulaciones y músculos adyacentes	40,9%	9,1%	4,5%	4,5%	4,5%	27,3%			9,1%	100,0%
	Lesión intracraneal, salvo aquellas con fractura de cráneo	16,2%	13,2%	7,4%	5,9%	2,9%	42,6%			11,8%	100,0%
	Lesión interna de tórax, abdomen y pelvis	24,0%	24,0%	4,0%			40,0%			8,0%	100,0%
	Heridas abiertas de cabeza, cuello y tronco	23,3%	6,7%	10,0%	6,7%		46,7%			6,7%	100,0%
	Confusión con superficie cutánea intacta	28,8%	15,3%	8,5%	6,8%		32,2%			8,5%	100,0%
	Ciertas complicaciones traumáticas y lesiones no especificadas	25,5%	13,7%	2,0%	9,8%		39,2%			9,8%	100,0%
	Total	23,9%	12,3%	5,6%	5,1%	1,9%	41,0%	3%		9,9%	100,0%
Moto	Fractura de cráneo		18,2%	18,2%	9,1%		36,4%			18,2%	100,0%
	Fracturas de cuello y tronco	10,0%	20,0%	10,0%		10,0%	10,0%			40,0%	100,0%
	Fractura de miembro superior	8,3%	33,3%	8,3%		16,7%	33,3%				100,0%
	Fracturas de miembro inferior	18,8%	31,3%			12,5%	31,3%			6,3%	100,0%
	Esguinces y torceduras de articulaciones y músculos adyacentes	33,3%		66,7%							100,0%
	Lesión intracraneal, salvo aquellas con fractura de cráneo	11,5%	11,5%	15,4%			30,8%		7,7%	23,1%	100,0%
	Lesión interna de tórax, abdomen y pelvis	14,3%	28,6%				28,6%			28,6%	100,0%
	Heridas abiertas de cabeza, cuello y tronco	10,0%	20,0%	30,0%	10,0%	10,0%	10,0%			10,0%	100,0%
	Confusión con superficie cutánea intacta	11,1%	11,1%	33,3%			44,4%				100,0%
	Ciertas complicaciones traumáticas y lesiones no especificadas		12,5%	6,3%		12,5%	62,5%			6,3%	100,0%
	Total	10,0%	19,2%	14,2%	1,7%	6,7%	32,5%		1,7%	14,2%	100,0%
Bicicleta	Fractura de cráneo			100,0%							100,0%
	Fracturas de cuello y tronco			100,0%							100,0%
	Lesión intracraneal, salvo aquellas con fractura de cráneo	40,0%		20,0%						40,0%	100,0%
	Lesión interna de tórax, abdomen y pelvis			100,0%							100,0%
	Confusión con superficie cutánea intacta									100,0%	100,0%
	Ciertas complicaciones traumáticas y lesiones no especificadas	100,0%									100,0%
	Total	27,3%		45,5%						27,3%	100,0%
Peatón	Fractura de cráneo							75,0%		25,0%	100,0%
	Fracturas de cuello y tronco							100,0%			100,0%
	Fractura de miembro superior									100,0%	100,0%
	Fracturas de miembro inferior						50,0%			50,0%	100,0%
	Lesión intracraneal, salvo aquellas con fractura de cráneo							100,0%			100,0%
	Heridas abiertas de cabeza, cuello y tronco						50,0%	50,0%			100,0%
	Ciertas complicaciones traumáticas y lesiones no especificadas							100,0%			100,0%
	Total						11,1%	66,7%		22,2%	100,0%
Resto	Fracturas de cuello y tronco						100,0%				100,0%
	Lesión intracraneal, salvo aquellas con fractura de cráneo									100,0%	100,0%
	Lesión interna de tórax, abdomen y pelvis						100,0%				100,0%
	Confusión con superficie cutánea intacta				100,0%						100,0%
	Ciertas complicaciones traumáticas y lesiones no especificadas									100,0%	100,0%
	Total				20,0%		40,0%			40,0%	100,0%

Distribución de las lesiones según la categoría del vehículo implicado y la tipología de la colisión

4.2. TRAUMATISMO CRANEOENCEFÁLICO

La cabeza se ha considerado, tradicionalmente, la parte más crítica a proteger del cuerpo en caso de colisión, debido a la general irreversibilidad de las lesiones que afectan al cerebro. Entre el cráneo y la cara suman un porcentaje superior a la mitad de las lesiones que se causan en todo los diferentes tipos de accidentes de tráfico.

4.2.1. Tipología lesional en la cabeza

Prasad, Melvin, Huelke, King y Nyquist clasifican las lesiones cerebrales en dos diferentes categorías: difusas y focales. Las primeras se subdividen en inflamación cerebral, conmoción, y lesiones difusas de presión sobre la materia blanca. Las lesiones focales se pueden dividir en hematomas epidurales, hematomas subdurales, hematomas intracerebrales y contusiones (directas o indirectas). A lo anterior hay que añadir los diferentes tipos de fracturas craneales que se pueden producir.

Los estudios demuestran que el hematoma subdural y las lesiones difusas de presión son las dos más importantes causas de muerte de todas lesiones arriba expuestas. De hecho estos dos tipos de lesiones provocan tantas muertes como todas las demás juntas. Las víctimas que mayores probabilidades tienen de recuperarse son aquellas que sufren conmoción cerebral y contusión cortical.

– Las lesiones cerebrales difusas

Varían desde la conmoción leve hasta las lesiones difusas por cizalladura de la materia blanca. En las formas más leves, hay principalmente problemas fisiológicos de la función cerebral y, en las más severas, se presentan tanto problemas fisiológicos como anatómicos.

La conmoción leve no implica pérdida de consciencia y es la forma más habitual de lesión cerebral difusa. Este tipo de conmociones aportan el 10 % de todas las lesiones en que se encuentran implicados el cerebro, el cráneo y la columna vertebral. La clásica conmoción cerebral conlleva la pérdida de consciencia inmediatamente después de producido el impacto, que debería ser menor a las 24 horas y es reversible. El treinta y seis por ciento de estos casos no presentan lesiones en el cerebro.

La lesión difusa del cerebro es considerada como transición entre la disfunción fisiológica pura y la alteración anatómica, generalmente implica la pérdida inmediata de consciencia por un periodo superior a 24 horas.

La lesión difusa por cizalladura de la materia blanca, también conocida como lesión axonal difusa, es la forma más severa de lesión difusa.

La inflamación del cerebro, o el incremento de la sangre intravascular dentro del cerebro, puede aparecer junto con las lesiones difusas, añadiendo a los efectos primarios los derivados de la presión intracraneal. El edema cerebral es una situación especial en la que la sustancia cerebral se expande a consecuencia del incremento del fluido en los tejidos.

– Las lesiones cerebrales focales

Las lesiones focales, de localización extraaxial como el hematoma epidural o subdural (el más frecuente) o la hemorragia intracerebral (la más grave puede estar entre los ventrículos o en la zona intercerebelosa), y las contusiones que aparecen cuando el cráneo sufre un golpe y el encéfalo se desplaza sufriendo golpes contra la duramadre y la cara interna

del cráneo, pueden duplicarse por el efecto "coup y contracoup" (directos e indirectos) causados por los mecanismos de aceleración y desaceleración.

El hematoma subdural agudo es debido a tres diferentes motivos: las laceraciones directas de las venas y arterias corticales por heridas penetrantes, grandes contusiones sangrantes en el espacio subdural y por pérdida de las venas que unen el espacio subdural cuando atraviesan la superficie del cerebro hasta los diferentes senos. Presenta niveles altos de incidencia siendo la tasa de mortalidad superior a la mitad.

El hematoma extradural es de infrecuente producción en los traumatismos craneoencefálicos, entre el 0,2 y el 6 %. Ocurre como resultado del trauma en el cráneo y los vasos situados debajo de las meninges y no debido a una lesión cerebral. La mortalidad de esta lesión se sitúa entre el 15 y el 43 %, aunque esta cifra está influida por la edad, la presencia de lesiones intradurales, el tiempo entre la producción de la lesión y la aparición de los síntomas, el nivel de consciencia y el déficit neurológico.

La contusión cerebral es la lesión que con mayor frecuencia se encuentra en las lesiones craneoencefálicas. Las contusiones generalmente ocurren en el lado del impacto (contusión directa o coup) y en lugares alejados del impacto (contusiones indirectas o contracoup). La mortalidad de este tipo de lesiones se encuentra en un rango entre el 25 y el 65 %. Los adultos mayores de 50 años se comportan peor frente a esta lesión que los niños.

El hematoma intracerebral, está bien definido como una colección homogénea de sangre dentro del parénquima cerebral. Son causados con mucha frecuencia por aceleraciones/deceleraciones repentinas de la cabeza. Otras causas son las heridas penetrantes en la cabeza que producen hundimientos óseos del cráneo. La hemorragia comienza siendo superficial y se extiende en profundidad en la materia blanca.

En cuanto a la biomecánica de las lesiones más habituales sufridas en la cabeza, pueden dividirse según la zona afectada en fracturas de cráneo, fracturas de huesos faciales y lesiones intracraneales. Las fracturas faciales, que son las que provocan más lesiones a nivel funcional (masticación) y estético, se clasifican en tres grados según la zona lesionada en Lefort I, II o III. Se estudió que los condicionantes para una menor resistencia de los huesos fáciles son el sexo, -la mujer-, y la edad, -entre los 70 y 80 años-.

Clínicamente, las fracturas de la base del cráneo son importantes porque la duramadre puede ser rasgada en el punto de la fractura, poniendo de esta forma en contacto el Sistema Nervioso Central con los potencialmente contaminados senos paranasales, situándose en predisposición de sufrir meningitis.

Las lesiones por airbag son causadas por el impacto con la bolsa de aire, que se produce entre 70 y 290 km/h, o por la explosión, ya que la bolsa se abre en 0'5 msg. mediante una explosión, siendo las más habituales: quemaduras y traumas oculares, lesiones cerradas en tórax, hernias a nivel del disco cervical y fracturas de los huesos propios de la órbita del ojo.

4.3. LESIONES EN LA COLUMNA VERTEBRAL

La columna vertebral es la principal estructura que soporta el peso de la cabeza y el torso, protegiendo además la médula espinal. Cada una de las partes en que está dividida la columna, tiene una función vital de movilidad relativa a los diferentes segmentos corporales.

4.3.1. Tipología lesional en la columna vertebral

La mayoría de los autores distinguen entre las lesiones que afectan únicamente a la columna cervical (las siete vértebras que sujetan la cabeza) y aquellas otras que afectan a la columna vertebral en general.

– Lesiones en la Columna Cervical.

En primer lugar tenemos aquellas lesiones que se producen por impacto directo sobre la cabeza, en los que la fuerza es transmitida directamente a la región cervical.

Por otro lado, existen una serie de mecanismos que producen lesiones debidas a movimientos de flexión o extensión forzada sin impacto directo sobre la cabeza, como son por hiperflexión, por hiperextensión y finalmente por ambas juntas.

El esguince cervical es un tipo de lesión cuyo mecanismo de producción es el denominado “latigazo cervical” que es el movimiento realizado por el cuello tras un impacto posterior, cuya inercia provoca el movimiento hacia adelante del tronco de los ocupantes del vehículo colisionado, pues es el segmento corporal libre que más masa posee, mientras que la cabeza mantiene su posición, provocando la hiperextensión de la columna cervical; posteriormente la cabeza sigue al tronco, y si el impacto provoca la aceleración suficiente, se produce una hiperextensión sobre el cuello, provocando el mencionado esguince cervical. Se ha demostrado que las lesiones con síntomas más persistentes aparecen con mayor asiduidad en los pacientes que no se apercibieron del choque, al no realizar un mecanismo reflejo de contracción muscular, que en aquellos que sí lo habían hecho. Otras alteraciones acompañantes al esguince cervical son desgarros musculares y de carillas articulares.

– Lesiones en la Columna Dorso–Lumbar.

En caso de violenta hiperflexión del tronco hacia delante, se puede producir aplastamiento vertebral anterior y rotura de los ligamentos posteriores.

Otra zona muy afectada por los traumatismos es el raquis, sus lesiones cuando afectan a la médula provocan grandes incapacidades. Debemos señalar que el 50% de las lesiones se realizan a niveles altos (C4 a C7) y sólo el 34% a niveles más tolerables (D3 a D12). Todas las lesiones superiores a C4 suponen una parada respiratoria y las de C5 no paralizan el diafragma pero cursan rápidamente con insuficiencia respiratoria aguda.

Además de las anteriores, en la experiencia clínica se han observado los siguientes tipos de lesiones: fractura anterior en cuña, fractura abierta, dislocación y fractura-dislocación, lesiones rotacionales, e hiperextensiones.

4.4. LESIONES TORÁCICAS

El tórax alberga la mayoría de los órganos vitales del cuerpo y por este motivo y después de la cabeza, es la región más crítica a proteger de las lesiones. El tórax es la segunda zona corporal de lesión en los accidentes de tráfico en víctimas sin cinturón de seguridad y la tercera en las que lo portan. En este órgano existen varios órganos cuya alteración puede provocar lesiones muy graves o incluso la muerte.

En el caso del tórax, el problema lo supone no el impacto sobre la estructura ósea, sino la repercusión sobre las vísceras y grandes vasos que no soportan con igual resistencia las aceleraciones como lo hacen estructuras más rígidas. En general, la víctima o muere inmediatamente después del impacto o se recupera completamente.

4.4.1. Tipología lesional en el tórax

El profesor García Yuste considera que las lesiones originadas por los traumatismos torácicos tienen una gravedad relativa que depende de su número y extensión. Pero el hecho dominante en la patología traumática del tórax, es que las lesiones tienen menos importancia por su entidad anatómica que por lo que representan en el plano funcional respiratorio. Por este motivo establece la siguiente clasificación de las lesiones torácicas:

- Lesiones parietales: se dividen en función de la solución de continuidad en la pleura parietal que pone en comunicación la cavidad pleural con el exterior:
 - Traumatismos torácicos abiertos (neumotórax abierto).
 - Traumatismos torácicos cerrados:
 - Sin alteración de la estabilidad parietal, representados por las fracturas costales y esternales simples.
 - Con alteración de la estabilidad parietal, tórax inestable traumático (TI) o volet torácico y tórax inestable moderado.
 - Heridas y roturas diafragmáticas.
- Lesiones pleuropulmonares:
 - Neumotórax y hemotórax traumático.
 - Contusión pulmonar.
- Lesiones mediastínicas:
 - Lesiones de las vías aéreas (neumomediastino).
 - Lesiones cardiovasculares: Roturas de la aorta torácica y troncos supraórticos y lesiones cardíacas.

Todas las lesiones torácicas aparecen o por golpe directo contra estructuras del vehículo (en el caso del tórax óseo) o por el mecanismo de desaceleración (arrancamientos y roturas de grandes vasos). Se ha demostrado que las lesiones torácicas de los individuos que utilizaban el cinturón de seguridad en los AT, revestían menor gravedad, eran menos frecuentes y tenían más pronta recuperación que los que no portaban el cinturón.

La disposición de estos órganos hace que el pulmón "envuelva" a otras estructuras actuando como colchón de protección frente a las desaceleraciones, aunque no puede evitar los desgarros sufridos por los grandes vasos como la aorta, que provoca la mayor causa de muerte por lesión torácica.

Otras lesiones torácicas que en ocasiones pasan desapercibidas y que se diagnostican cuando la vida se encuentra en peligro son las lesiones torácicas cerradas, de las que la peor diagnosticada es el desgarró cardíaco que provoca del 10 al 15 % de las muertes. La rotura aórtica ocurre generalmente en la zona del istmo, a unos 2,5 cm. distales a la aparición de la arteria subclavia y también provoca un cuadro de hipovolemia de muy mal pronóstico.

4.5. LESIONES ABDOMINALES

El abdomen es un compartimiento cerrado por el peritoneo, que tiene en su interior gran cantidad de vísceras, tanto macizas como huecas, que a su vez contienen distintos fluidos.

4.5.1. Tipología lesional en el abdomen

Las lesiones abdominales se pueden clasificar en dos grupos principales: lesiones de vísceras huecas y vasculares, y lesiones de vísceras macizas.

Las lesiones abdominales que aparecen en este tipo de accidentes son variables. El abdomen se comporta como una cámara elástica que contiene diferentes órganos bañados en líquido peritoneal, esto provoca que se comporte según el Principio de Pascal, de tal forma que una presión ejercida sobre cualquier zona se difunda con igual intensidad en este caso por el resto de la cavidad, aplicándose a todas las vísceras, pudiendo sufrir así las secuelas.

Determinados órganos, grandes y sin estructuras rígidas que los mantengan se encuentran llenos de sangre, como el hígado y el bazo, lo que les hace extremadamente delicados. Órganos huecos como el estómago -con cámara de aire-, o los músculos abdominales pueden amortiguar algo los impactos. El abdomen se considera la tercera zona más dañada en los AT.

Las lesiones que se derivan del cinturón de seguridad son pocas desde la aparición del cinturón de “tres puntos de anclaje”, y la mortalidad en los AT ha disminuido.

De acuerdo con Melvin, las lesiones abdominales pueden dividirse en traumatismos penetrantes y no penetrantes. Los mecanismos lesionales en el abdomen, a priori, son el resultado de la penetración en los contenidos abdominales de una fuerza significativa o la generación de una presión en esos órganos deformados. Además, los órganos sólidos, tales como el hígado, pueden resultar gravemente dañados, entre otras causas, debido a la magnitud de la velocidad de impacto. Hay evidencias que demuestran que estos órganos son viscoelásticos, y que la cantidad de carga es un factor crucial en la producción de las lesiones. De esta forma una presión de compresión de 300 kPa. (43 psi) causará lesiones superficiales en el hígado.

4.6. LESIONES EN LAS EXTREMIDADES INFERIORES

Las extremidades inferiores aportan la mayor parte de la movilidad del cuerpo humano. Las lesiones en esta región son difícilmente fatales, aunque a menudo requieren largos periodos de hospitalización y rehabilitación.

4.6.1. Tipología lesional en los miembros inferiores

Según Jouvencel, se pueden dar las siguientes lesiones en las extremidades inferiores:

a. Lesiones en pelvis.

b. Lesiones de la articulación coxofemoral.

- Fractura luxación posterior.
- Fractura luxación central.

c. Lesiones en el fémur.

- Fractura de cuello de fémur.
- Fractura de la extremidad inferior del fémur.

d. Lesiones en rodilla.

- Fractura de rótula.
- Fractura en cadera (fractura de rótula, cuello femoral, fractura–luxación de cadera).

e. Lesiones de la pierna y el pie.

- Fractura de tibia y/o peroné.
- Traumatismo tibio–tarsiano.

- Fracturas bimalleolares.
- Fractura luxación tibiotarsiana.
- Lesiones complejas de aponeurosis y mortaja.

Grattan y Hobbs describieron a través de la observación del interior de vehículos accidentados los siguientes mecanismos productores de lesiones en las extremidades inferiores:

- **Dislocación posterior de la unión de la cadera.** Esta lesión se causa por un impacto axial en la rodilla. La fuerza se transmite a través del fémur a la unión de la cadera, produciendo una fractura del aspecto posterior del acetábulo y la dislocación de la cadera. En un impacto frontal, la cadera es flexionada 90° y la superficie de impacto es generalmente el panel de instrumentos.
- **Fractura-dislocación central de la cadera.** La cabeza del fémur es empujada en el acetábulo por una fuerza lateral, causando una fractura del acetábulo. En un impacto lateral, el ocupante es vulnerable a estas lesiones.
- **Fractura del techo del acetábulo.** Si el muslo es flexionado menos de 90° y la rodilla recibe un impacto axial, el fémur transmite la fuerza hacia atrás y hacia arriba, hacia la unión de la cadera, pudiendo causar una fractura en la parte superior del acetábulo. En un impacto frontal, esta lesión puede ocurrir si la rodilla se proyecta contra el salpicadero y el torso gira hacia delante y se eleva del asiento.
- **Fractura transversal del eje femoral.** Puede ser una fractura limpia o una fractura astillada. Se causa por una carga aplicada a la superficie superior del fémur en su parte media. En un impacto frontal, la rodilla del ocupante impacta por debajo del salpicadero y el torso gira y el cuerpo se eleva del asiento. Así, el muslo es flexionado menos de 90° cuando la lesión ocurre. Si solamente la rodilla golpea por debajo del salpicadero, el resultado puede ser una fractura supracondiliar.
- **Fracturas dobles del eje femoral.** Lesión causada por dos fuerzas actuando simultáneamente en el eje del fémur. En un impacto frontal, la rodilla puede deslizarse por debajo del salpicadero y el muslo contactar con la columna de dirección cuando el torso gira hacia delante y se eleva, resultando una fractura supracondiliar.
- **Fractura oblicua del eje femoral.** En un impacto oblicuo, la rodilla puede ser incrustada en el salpicadero y el torso forzado contra la puerta. Este movimiento aplica un par al fémur, del que resulta una fractura en espiral u oblicua.
- **Fractura de la meseta de la tibia.** El contacto de la tibia con la parte rígida del salpicadero puede producir una fractura de la tibia próxima, implicando una o ambas mesetas. La fibula puede también resultar fracturada.

4.7. LESIONES EN LAS EXTREMIDADES SUPERIORES

4.7.1. Tipología lesional en los miembros superiores

Las extremidades superiores suelen sufrir fracturas en cadena. Éstas pueden encajarse en dos tipos distintos:

- Fractura “baby-car”, producida por cizallamiento del codo asomado por la ventanilla que recibe un golpe. Se combinan las siguientes lesiones: fractura de la

parte media de la diáfasis humeral; fractura conminuta del olécranon y luxación de codo.

- Fractura del húmero–olécranon.

CAPÍTULO VI: ESTUDIO DE LOS ELEMENTOS DEL VEHÍCULO

1. EXAMEN GENERAL DEL VEHÍCULO

1.1. INTRODUCCIÓN

Del exhaustivo examen del vehículo, preferentemente en los estados iniciales de la investigación, esto es, inmediatamente de ocurrido el accidente, el investigador podrá elaborar diversas hipótesis que al final puedan aportarnos luz sobre lo que ocurrió y cómo ocurrió.

Este estudio debe contrastarse con los datos y vestigios que pueda aportar otro de los factores que contribuyen al accidente, la vía; pero es el vehículo el que nos va a ofrecer numerosos datos que el investigador no deberá descartar. Podemos observar una señal doblada, un quitamiedos abollado, o un talud con un importante impacto, así como otras huellas sobre la superficie de la calzada; sin embargo nada de todo esto nos dirá cómo ocurrió el accidente, a no ser que tengamos el vehículo. Éste nos proporcionará información sobre la zona afectada en la colisión, sus daños e intensidad de los mismos, el estado de los neumáticos, si los ocupantes o pasajeros hacían uso de sistemas de retención, el estado del alumbrado y sobre decenas de datos, que el investigador deberá observar, analizar y evaluar.

1.2. EXAMEN DEL VEHÍCULO

Tal como se ha explicado anteriormente, un vehículo que ha sufrido un accidente contiene información suficiente como para llegar a una serie de conclusiones muy importantes respecto al suceso. Esa información la obtendremos del *reconocimiento del vehículo*, a través de un examen detallado para:

- Localizar y registrar las posiciones finales de vehículos y en ocasiones objetos.*
- Comprobar las partes y órganos mecánicos de los vehículos.*
- Evidenciar las características y estado de los neumáticos.*
- Comprobar el sistema de alumbrado y señalización de los vehículos.*
- Verificar la instalación del tacógrafo y recogida de sus datos.*
- Describir los daños producidos.*

1.2.1. Equipo para realizar la inspección

Seguidamente, se enumera aquél equipo que se considera necesario para efectuar una adecuada inspección técnico-ocular, tanto del lugar del siniestro como del vehículo:

Como equipo de investigación:

- Cinta métrica, topómetro o rueda medidora, testigos métricos, profundímetro, manómetro, plomada, nivel y maletín con material de recogida de evidencias (guantes, sobres, etiquetas, pinzas, lupa, envases diversos, etc.).

Como material para anotaciones y registro de imágenes:

- Cuaderno de campo, papel milimetrado, tiza o espray y cámara fotográfica.

1.2.2. Toma de fotografías

Es importante indicar, que cuando las imágenes obtenidas se inserten en el documento gráfico que se confeccione, deberá procederse a describir o aclarar al pie de la imagen la ubicación de la toma, sobre todo cuando se trata de detalles tomados a escasa distancia. Así, si por ejemplo se realizan fotografías de las posiciones finales de los vehículos, deberá indicarse

a qué vehículo pertenece cada fotografía, y cuando se realicen de detalle, igualmente se indicará su localización y a qué vehículo pertenecen.

1.2.3. El VIN. Número de bastidor del vehículo

1.2.3.1. Generalidades

El número de bastidor del vehículo (abreviatura VIN -*Vehicle Identification Number* o FIN), sirve para identificar inequívocamente un vehículo. Dicho número permite asignar el fabricante, el tipo, el número de serie individual y, a menudo, el año de modelos.

Por regla general, el VIN se aplica al vehículo de forma mecánica durante el proceso de producción en las instalaciones del fabricante. Las empresas de TUNING (trucado) suponen una excepción a esta “regla” ya que en las mismas el VIN se aplica a mano. Sin embargo, también en este caso es posible realizar una identificación inequívoca.

El VIN fue creado para intentar asegurar que, al menos en los siguientes 30 años, los vehículos no fueran fabricados y numerados con el mismo número de identificación.

1.2.3.2. Estructura del VIN

El número de chasis, con una longitud de 17 caracteres está dividido en tres partes.

Las tres primeras letras constituyen la abreviatura internacional del fabricante (WMI).

La segunda parte (caracteres 4 al 9), conforman el código de identificación del modelo de vehículo (VDS), que es utilizada por el fabricante para describir los atributos del producto.

La tercera parte del VIN (caracteres 10 al 17) indica el número de serie de fabricación, que individualiza cada vehículo. La primera letra muestra el año de fabricación (algunos fabricantes no usan el código del año y en otros vehículos no está en la posición 10) y la segunda, la fábrica donde se construyó. El resto de dígitos constituye el número de fabricación.

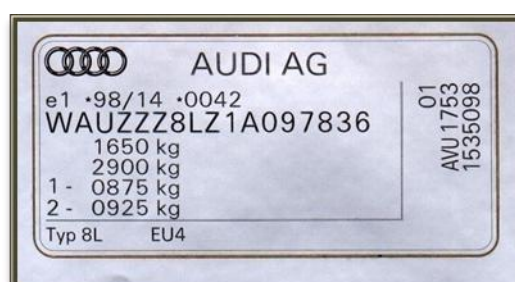
En principio, el número de bastidor se encuentra en la parte superior central del panel que divide el compartimento del motor, del habitáculo interior. Es de significar, que no todos los fabricantes de vehículos se han adherido al sistema, por lo que los vehículos hechos en USA, o importados a este país, incluyen un dígito de control, normalmente en la posición novena, y ocasionalmente, otros códigos.



Inscripción del número de bastidor

1.2.4. Placa del fabricante

Los fabricantes dotan a todos los vehículos de una placa o un adhesivo de modelo (usualmente metálicas), cuyo aspecto al no estar regulado varía según el fabricante. Sin embargo, puede decirse que una placa de modelo debe contener el número de bastidor, el fabricante y el peso total y peso de los ejes del vehículo.



Placa de modelo actual de un vehículo Audi

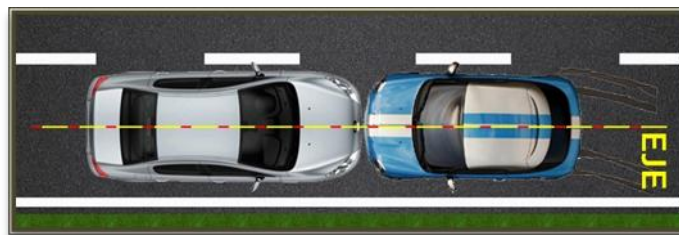
2. EXAMEN EXTERIOR

2.1. INTRODUCCIÓN

Es fundamental para la investigación, un exhaustivo examen del vehículo pues de él podrán determinarse las partes que han entrado en colisión o que hayan sufrido algún tipo de defecto mecánico, la intensidad de los daños y sus posibles influencias sobre las lesiones que hayan podido sufrir sus ocupantes. A partir de este estadio inicial el investigador podrá buscar en el escenario del accidente aquellos otros vestigios que le lleven a entender *cómo* ocurrió el accidente, y posteriormente a descubrir *por qué* ocurrió el mismo.

En base a los daños que observe podrán determinarse las direcciones de las líneas de fuerza que han intervenido en la colisión y deducir las posibles posiciones iniciales de los vehículos implicados antes de crearse la situación anormal que produjo el accidente, pasando por la posición de conflicto y posterior posición final. Esto es, se trata de realizar una previa reconstrucción mental del accidente; de entender *cómo* ocurrió el hecho, para enlazar el resto de elementos que hayan intervenido en el siniestro.

Si, por ejemplo, en el accidente se han visto implicados dos vehículos y de la primera evaluación se observa que ambos presentan sus frontales dañados de forma homogénea, podremos decir que estos vehículos han colisionado de forma frontal central.



Colisión frontal de dos vehículos

Apreciaremos que las líneas de fuerza serán paralelas al eje central y en sentido de adelante hacia atrás partiendo del frontal de cada uno de los vehículos. Partiendo de este dato, se deberán buscar indicios en la vía, sobre una posible invasión de uno de los vehículos en el carril de circulación del otro, o quizás sobre una posible circulación de ambos por el centro de la calzada. El punto de colisión seguramente será hallado por el investigador por los restos que de la colisión hayan podido quedar sobre la superficie de la calzada.

Una vez que se ha llegado a una hipótesis de qué vehículo invadió la zona reservada al otro, llegará el momento de contestar a *por qué* se produjo el accidente. Es tarea del investigador averiguar tanto las causas mediatas como las inmediatas que han desencadenado el accidente. Respecto del vehículo, deberá realizar una inspección minuciosa dirigida a resolver si se ha producido algún defecto que haya podido contribuir como causa a la producción del accidente (reventón de un neumático, fallo de frenos, etc.), y a determinar los datos que se han producido en la colisión, independientemente de los que pudiera tener anteriormente.

Pese a que podamos conseguir explicaciones completamente satisfactorias sobre cómo ocurrió el accidente gracias a las declaraciones de testigos, el examen minucioso de los vehículos servirá para corroborar estas fuentes de información. Debemos tener presente que con frecuencia, los daños serán una fuente de información más veraz que la de las personas que se encontraban junto a la escena cuando ocurrió el accidente.

En primer lugar debe efectuarse un *reconocimiento preliminar*, observando la posición final que ocupan los vehículos y sus daños visibles; una rápida evaluación de los desperfectos evidentes será un buen punto de partida para la investigación. En este momento podrá recoger ciertos datos que quizás más tarde no le sea posible tomar, como por ejemplo si algún vehículo ha sido movido de su posición final, el estado del alumbrado, posiciones de mandos e interruptores, posición del velocímetro, etc. Estos datos preliminares, en la mayoría de los casos sugerirán al investigador las preguntas que después podrá hacer a los posibles testigos para establecer una hipótesis de cómo ocurrió el accidente. Además, en esta fase, deberá identificar qué partes del vehículo han producido los diversos vestigios que hayan quedado en la vía.

Es posible que el investigador no consiga todos los datos necesarios, relativos al examen del vehículo, en la primera fase de la investigación, por ello deberá efectuar un *reconocimiento final* del vehículo. Deberá tener especial cuidado en comprobar las declaraciones por lo que respecta al funcionamiento y estado del vehículo y asegurarse de confrontar los daños, desperfectos y marcas de los vehículos implicados a fin de determinar cuáles fueron las partes que estuvieron en contacto. Es posible que este reconocimiento final deba realizarse en los talleres o depósitos de los servicios de grúas, para buscar circunstancias específicas que puedan confirmar o desacreditar alguna teoría acerca de cómo ocurrió el accidente, o para tomar fotografías de detalle o alguna pieza que pueda ser empleada en el juicio.

2.2. POSICIONES FINALES DE LOS VEHÍCULOS

Es incluso posible que cuando el investigador llegue al escenario del accidente, los vehículos implicados se encuentren en otro lugar distinto, bien próximos al escenario del accidente o incluso en los propios depósitos de los talleres.

Antes del *reconocimiento tardío* que deba hacer sobre los vehículos implicados, el investigador deberá examinar detenidamente las huellas y restos existentes en la calzada, que le servirán para determinar las posiciones que ocuparon los vehículos después del accidente.



Markado de la PF del vehículo antes de ser retirado

En muchas ocasiones, los primeros agentes que llegan al lugar del accidente podrán indicar e incluso habrán marcado el lugar exacto donde quedó el vehículo en su posición final; en este caso sería conveniente, marcar la silueta en planta del vehículo, su orientación y las posiciones de las ruedas, antes de autorizar su retirada por los servicios de grúas.

En el reconocimiento tardío, cuando los vehículos ya no se encuentran en sus posiciones finales, deberá considerar la posibilidad de que se hayan producido otros daños derivados del arrastre o rescate del vehículo, por lo que puede ser difícil la confronta de los daños del vehículo con las marcas dejadas en la vía. Debe conocer bien las condiciones del

vehículo después del accidente por medio de las personas que se hallaban presentes en el lugar y de los responsables del traslado y custodia del vehículo, averiguando en su caso qué daños pudieron haberle sobrevenido desde que el vehículo fue rescatado del lugar de los hechos.

2.3. MEDIDA DE DEFORMACIONES

2.3.1. Introducción

Una adecuada toma de datos es fundamental para poder afrontar una reconstrucción del accidente con las suficientes garantías. Ya sea la medición de la longitud de las marcas de la frenada previa al impacto o salida de la vía, la realización de fotografías del accidente, el estudio del estado de los filamentos de las luces del vehículo, etc., la precisión de todos estos datos es primordial para el desarrollo posterior del trabajo del reconstructor de accidentes.

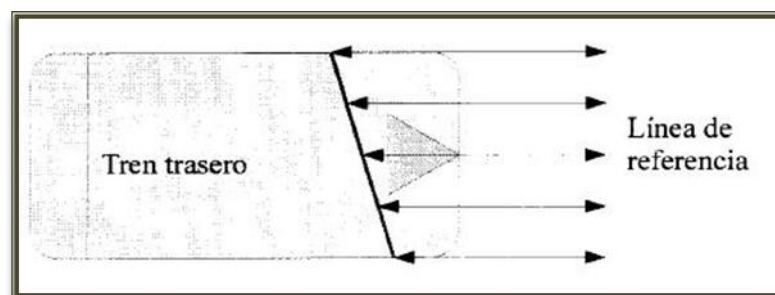
En este caso nos interesa realizar la medición de las deformaciones del vehículo implicado en un accidente, para poder aplicar unos métodos energéticos de análisis que nos permitirán calcular la velocidad de colisión con una precisión aceptable.

2.3.2. Equipamiento

Si el investigador solo puede realizar las mediciones de las deformaciones de los vehículos implicados en el escenario del accidente, precisará de un equipamiento elemental. En el caso que pueda realizar las mediciones en el depósito donde se encuentren los vehículos, podrá utilizar un equipamiento algo más complejo.

Así en el *lugar del accidente*, puede utilizar:

a) *Dos cintas métricas y una plomada o soporte vertical*: Como debemos establecer una línea de referencia a partir de la cual se proceda a realizar las medidas, en ella se colocará una de las cintas, procurando partir de un elemento no deformado del vehículo. Si, por ejemplo, nos encontramos en el supuesto de una colisión frontal, colocaríamos la línea de referencia a una idéntica distancia medida a partir del eje trasero del vehículo desde cada una de sus ruedas, de tal forma que la citada línea quede paralela al eje trasero. Debemos tener en cuenta que las medidas de deformación que se tomen serán equidistantes entre ellas, y el primer y último valor, corresponderán respectivamente al inicio y al final de la zona afectada. Con la plomada o soporte vertical colocado en la línea de referencia y en los puntos equidistantes indicados, se procederá con la segunda cinta (paralela al suelo) a realizar las medidas desde la línea hasta la superficie deformada, procediendo a anotar la medición, bien en una tabla o apoyado por un croquis que simule el procedimiento que se está siguiendo.



Ejemplo del procedimiento de medición de deformaciones

b) *Cinta métrica y cinta adhesiva de color*: La primera cinta métrica del ejemplo anterior, será sustituida por la cinta adhesiva que colocaremos como línea de referencia desde

donde realizaremos las medidas, y en el mismo caso que el anterior, se marcarán las distancias equidistantes desde cuyo punto se realizar las citadas medidas.

Por su parte, si el investigador tiene que trasladarse al *taller o depósito de vehículos*, y en el caso de que no disponga de aparatos específicos, podremos utilizar:

a) *Cinta métrica y plancha de madera u otro material*: Esta plancha se colocará en posición vertical, sobre la línea de referencia que habremos establecido como en los casos anteriores, frente a la deformación que se pretende medir. Y de igual modo con la cinta métrica se iniciará la toma de medidas. Si se va a utilizar con frecuencia, la plancha podrá ir graduada con distancias prefijadas, tanto en anchura como altura a modo de cuadrante. La ventaja de este procedimiento es que se pueden realizar las mediciones desde distintas alturas; el inconveniente, la dificultad del traslado por las dimensiones lógicas de la plancha.

b) *Silueta del vehículo sobre lámina de plástico*: La lámina de plástico se coloca debajo del vehículo y se copia su silueta con un rotulador y con ayuda de una plomada. Después la lámina se puede trasladar a otro lugar y realizar las mediciones.

Aparatos diseñados para la toma de medidas de la deformación

Entre estos, tenemos el láser escáner 3D, de gran precisión pero elevado coste y el soporte paralelo de medición, que consta de una barra graduable en altura que va apoyada en dos soportes y en la que se colocan barras de medición a las distancias consideradas.



Barra de medición de deformaciones

2.3.3. Procedimiento

A continuación se expone una forma de realizar esta toma de datos, según un extracto del protocolo de medición de deformaciones en vehículos de Nicholas S. Tumbas y Russell A. Smith (SAE 880072).

2.3.3.1. Determinación del plano deformado.

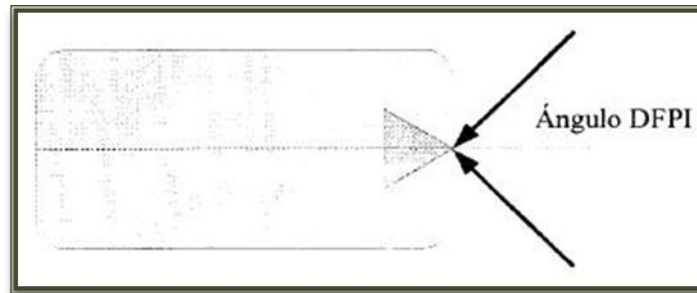
En muchas ocasiones, el investigador, por la apreciación de los daños, sabrá que plano del vehículo utilizar para colocar las líneas de referencia y tomar las medidas de deformación.

La duda vendrá cuando los desperfectos afecten a un vértice del vehículo, por ejemplo el anterior derecho, pues en este caso deberá decidirse si se toma como plano deformado el lateral derecho o el frontal. Esta decisión es importante porque cuando se pretende aplicar los métodos energéticos, los coeficientes varían de un plano a otro del vehículo, y por tanto variarán sus resultados.

Para poder elegir el plano adecuado de deformación se tendrán en cuenta:

1º: Si se ha determinado la zona de contacto inicial entre los vehículos al producirse la colisión, se tomará como plano de deformación el que corresponda a dicha zona.

2º: Si la zona de contacto inicial no se ha podido determinar, se recurrirá a la determinación de la dirección de la fuerza principal de impacto. Si la línea de la dirección forma con respecto al eje longitudinal del vehículo un ángulo de 45° o menos, se toma la parte frontal o trasera según sea la esquina afectada; si forma más de 45° se toma el lateral correspondiente.



Ángulo para la determinación del plano deformado

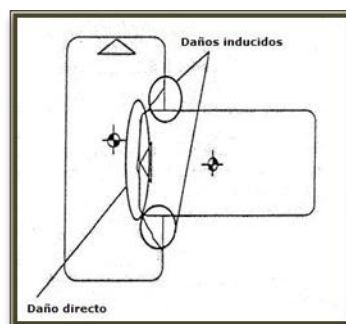
3º: Si a pesar de todo, tampoco se puede determinar con aproximada precisión la línea de la dirección de la fuerza principal de impacto, se realizan las medidas en el plano donde la anchura deformada sea mayor.

2.3.3.2. Medición de la anchura de la zona deformada

Cuando se mida la zona deformada, deberá tenerse en cuenta que la anchura de esta zona incluirá tanto las zonas de daños por *contacto externo* como los *inducidos*:

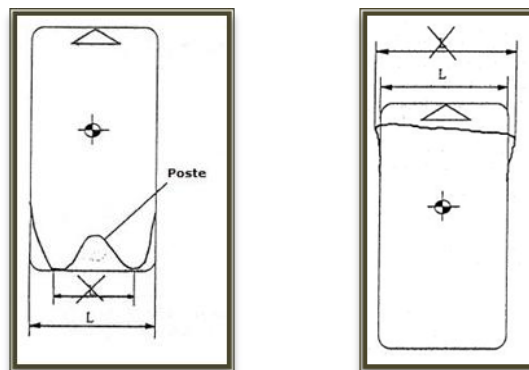
- *Daños por contacto externo* son aquellos que sufre cualquier parte del vehículo, por contacto directo de algún objeto que no pertenezca al propio vehículo, es decir, por un objeto *externo*, como otro vehículo, un peatón, un objeto fijo o la propia superficie de la carretera.

- *Daños inducidos* son aquellos causados al vehículo por otra parte del propio vehículo o por la fuerza de la colisión.



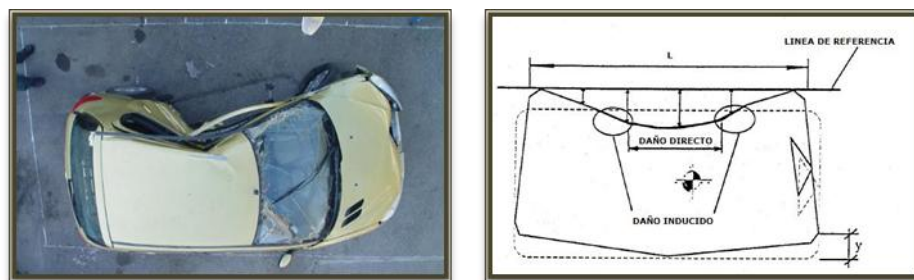
Esquema de la anchura de daños en una colisión por embestida

En una colisión frontal o por alcance que afecte a toda su anchura, las mediciones no se tomarán sobre el vehículo implicado, sino que habrá que consultar los datos técnicos o efectuar la medición de la anchura frontal o trasera en un vehículo del mismo modelo.



Ejemplo de la anchura de la deformación (L) que debe tomarse como válida

En el supuesto de que el vehículo haya sufrido un arqueamiento de su estructura superior a 10 centímetros (representado con la letra “y”), producido por una colisión por embestida de suficiente entidad (golpe de banana), y a fin de considerar toda la energía de deformación que ha sido necesaria para doblar el chasis, la línea de referencia y anchura de la medición será la de la siguiente figura.



Ejemplo de la anchura de la deformación (L) que debe tomarse como válida

2.3.3.3. Altura de medición de las deformaciones

En *colisiones laterales*, la altura de las mediciones se encontrará a la altura del piso.

En choques *frontales y traseros* las mediciones se realizarán a la altura del parachoques, salvo en los casos en que haya habido un deslizamiento importante bajo otra estructura (por ejemplo en un alcance a un camión).

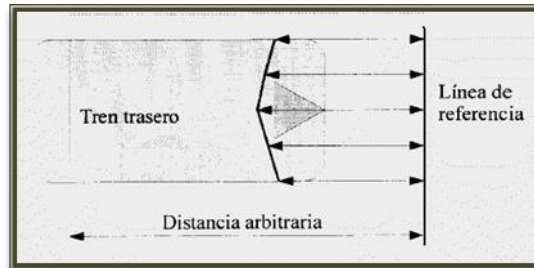
Cuando las deformaciones varíen con la altura se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Si la máxima deformación se ha producido a la altura del paragolpes, las mediciones se realizarán a esta altura.
- Si la diferencia entre las profundidades de deformación es inferior a 10 centímetros, se tomará como altura de medición la altura del paragolpes.
- Si la diferencia es superior a 10 centímetros, se recomienda tomar medidas de la profundidad de la deformación a diferentes alturas y extraer una media de la deformación. Es posible tomar en lugar de una media aritmética otro criterio para ponderar la deformación.

Cuando no se han deformado elementos de la estructura del vehículo, tales como largueros, puente motor, traviesas, etc., no se podrán aplicar los métodos energéticos para el cálculo de la velocidad de colisión.

2.3.3.4. Establecimiento de una línea de referencia

Cuando toda una parte del vehículo (frontal, lateral o trasera) se ha deformado y no es posible determinar su profundidad de modo inmediato, se establecerá una línea de referencia tangente a la superficie no deformada del vehículo. Después con otro vehículo igual sin deformar o con datos de catálogo, se podrán determinar los valores reales de la deformación.



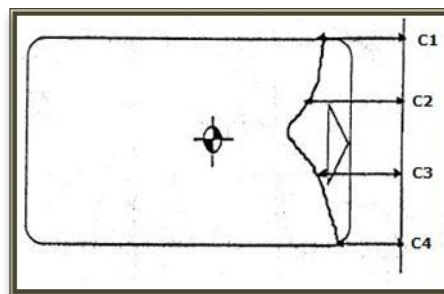
Establecimiento de una línea de referencia

En aquellos casos en que los vehículos presenten grandes deformaciones y no sea factible establecer una línea de referencia tangencial, se tomarán todas las medidas respecto a una línea de referencia no tangente. Después se podrán determinar las deformaciones a partir de los datos técnicos del vehículo sin deformar.

2.3.3.5. Medida de la profundidad de deformación

A la vista de lo expuesto anteriormente y una vez esté determinada la altura a la que deben realizarse las mediciones, anchura de la zona deformada, línea de referencia, etc., se procederá a la medición de la profundidad de la deformación.

En los métodos energéticos se utilizan 2, 4 ó 6 medidas de la profundidad. En caso de perfiles irregulares, no es conveniente utilizar dos medidas, siendo lo más adecuado tomar 6 mediciones, y si los perfiles son muy sencillos y lineales se pueden emplear 2 ó 4 mediciones.



Ejemplo de medición de cuatro medidas de profundidad

Las mediciones deben realizarse siempre a intervalos equidistantes, correspondiendo la primera y última medición con el punto inicial y final de la zona deformada, según los criterios de anchura de deformación vistos anteriormente. La medida se realizará únicamente hasta el punto en que hay continuidad a lo largo del perfil de deformación (como en un faro cuyo cristal está roto, que se medirá como si el cristal estuviera y no hasta el fondo del faro)

La medida de la profundidad de la deformación se refiere a la distancia que mediaría entre la posición que ocupaba la superficie original del vehículo y su posición tras el impacto. Si las mediciones se han efectuado sin el paragolpes, este hecho deberá ser tenido en cuenta en el momento de determinar la medida de la deformación, ya que, de no hacerlo así, se sobrestimaré la energía absorbida, ofreciendo un resultado incorrecto. Para obtener datos

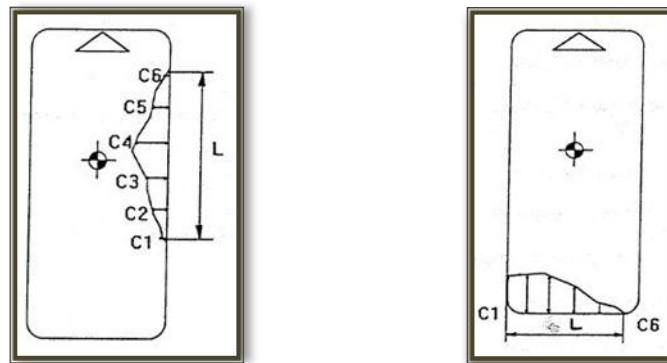
fiables sobre las dimensiones originales será necesario disponer de un vehículo sin deformar de las mismas características o un catálogo detallado con las medidas del vehículo.

El investigador podrá tomar todas las mediciones que considere fundamentales, independientemente de las necesarias para efectuar los cálculos energéticos. Cuando exista un impacto secundario, podrá calcularse la energía absorbida en esta segunda deformación y añadir su valor al del impacto principal.

Para efectuar la numeración de las medidas, y situados en el plano de deformación, comenzarán a realizarse de la siguiente manera:

- En colisiones por embestida se comienza numerando de atrás hacia delante, tanto en el lateral derecho como en el izquierdo.
- En colisiones frontales y por alcance la numeración empieza de izquierda a derecha.

Puede ocurrir que la deformación máxima no coincida con alguno de los puntos equidistantes que se han establecido, pero dicha deformación debe medirse, para considerar la variación de los resultados al sustituir el valor máximo de la deformación, por uno de los valores que más próximos se encuentren a esa deformación máxima.



Ejemplo de la numeración de medidas

Para considerar la energía de un posible arqueamiento existen dos formas de tener en cuenta la energía absorbida en el mismo:

1º: Tomar como anchura de deformación la longitud total del lateral del vehículo deformado; las medidas de la profundidad de la deformación se realizarán mediante una línea de referencia tangente a las esquinas del vehículo.

2ª:- Incluir como anchura de deformación sólo el daño directo e inducido, siguiendo el método general, pero aumentando los valores de la profundidad de deformación por medio de una constante que tenga en cuenta el arqueamiento del vehículo.

Los coeficientes de rigidez listados en la tabla, han sido calculados en ensayos en los que el objeto contra el que se produce el impacto es otro automóvil o una barrera móvil cuya anchura es siempre comparable a la vía de un turismo. Tal y como estableció en su día *Campbell*, los coeficientes derivados de los ensayos anteriores tienen validez siempre que la anchura afectada por el impacto sea superior al 25% de la anchura ensayada. Agrupa en cinco categorías diferentes a los vehículos atendiendo a sus batallas, además de los vehículos “pick-up”.

	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5	Pick up
Batalla (m)	2'055 a 2'408	2'408 a 2'581	2'581 a 2'804	2'804 a 2'984	2'984 a 3'810	2'769 a 3'320

Vía (m)	1'298	1'387	1'496	1'570	1'618	1'717
Longitud (m)	4'059	4'442	4'983	5'405	5'754	4'663
Anchura (m)	1'555	1'707	1'844	1'956	2'017	1'981
Peso (kg)	990	1380	1600	1925	2300	1970

Frontal A(N/m)	52850	45325	55475	62300	56875	67025
Frontal B(N/m ²)	323830	296270	385840	234260	254930	868140
Trasero A(N/m)	64050	68425	71750	62475	51972	52500
Trasero B(N/m ²)	261820	282490	303160	89570	482300	378950
Lateral A(N/m)	13475	24500	30275	25025	30975	-
Lateral B(N/m ²)	254930	461630	392730	344500	323830	-

2.3.3.6. Consideraciones adicionales

Además de todas las mediciones anteriores, hay que medir la batalla, el ancho de vía y la longitud del vehículo a ambos lados, así como los voladizos delantero y trasero. La toma de estos datos es interesante para compararlos con los del vehículo sin deformar. También es importante caracterizar la dirección de la fuerza principal de impacto, pues su determinación es muy importante para la reconstrucción del accidente. Se tendrá en cuenta si un impacto a la altura de las aletas delantera o trasera afecta también a órganos mecánicos de los ejes rodantes correspondientes, ya que esas partes del automóvil tienen una mayor rigidez.

2.3.4. Choques contra postes

Se entiende por choque contra postes, todos aquellos impactos que se producen contra objetos delgados y esbeltos tales como farolas, postes eléctricos, señales, árboles, etc.

En el caso de producirse un choque contra un poste, la reducida anchura de la zona de impacto directo produce una alteración en el comportamiento normal del vehículo en cuanto a sus características de rigidez.

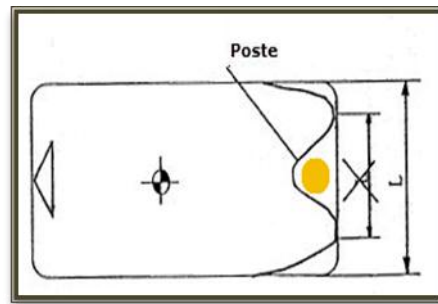
Debido a lo anterior, utilizar los coeficientes de rigidez convencionales puede inducir grandes errores en los resultados que pueden alcanzar, en el caso de las velocidades, hasta un 80%. En concreto, aquellos casos en los que se produzcan impactos laterales contra objetos estrechos que afecten directamente a los ejes delantero o trasero del vehículo producirán deformaciones, mucho menores de las que cabría esperarse.

En otros casos, la energía absorbida en un choque contra poste es mayor que la absorbida en un choque contra barrera. Ello es debido a que mientras que la zona afectada directamente por el impacto se encuentra muy deformada, el área inducida es pequeña y en la zona de separación entre ambas se acumula durante el impacto una cantidad de energía que ha sido bautizada por algunos autores precisamente como “energía de separación”.

Otra fuente que puede inducir a error en los cálculos es la estimación de la dirección de la fuerza principal de impacto. Cuando un vehículo impacta contra un objeto esbelto, éste interacciona secuencialmente con distintos elementos estructurales (paragolpes, radiador,

bloque motor...) cuyas características elásticas son muy dispares. Por este motivo, resulta engañoso estimar la dirección principal de la fuerza únicamente a partir de la dirección de máxima deformación o a partir de la velocidad inicial del vehículo.

Una manera sencilla de obtener un valor mucho más fiable de la energía de deformación (y, por tanto, de la velocidad previa al impacto), es considerar la anchura de la deformación a partir de la configuración sin deformar del vehículo, tal y como ya se ha explicado.



Medición en impactos con postes

Con esta sencilla corrección, el error en los cálculos de las energías de deformación en choques contra farolas puede disminuir ostensiblemente hasta alcanzar valores que únicamente están *un 30% por debajo de los reales*.

2.3.5. Limitaciones del método

Un análisis totalmente riguroso del problema que ha sido planteado requeriría la utilización de sofisticados problemas de cálculo por elementos finitos y la experiencia de veteranos y cualificados diseñadores de estructuras.

Sin embargo, los cálculos que se obtengan, lo serán tras estimar los valores de numerosos parámetros: masa de los vehículos, deformación residual, coeficientes de rigidez, etc., algunos de los cuales podrán determinarse con gran aproximación, mientras que otras presentarán variaciones según el investigador que los trate.

Estudios de sensibilidad de los resultados frente a variaciones en la entrada de datos apuntan el hecho de que los resultados que implican grandes valores de Δv (por encima de 11 m/s) son más fiables que la pequeñas variaciones de velocidad (especialmente aquellas por debajo de 25,2 km/h).

Existen dos fuentes fundamentales de error: la *profundidad* de deformación y la estimación de la *FPI*. Desviaciones en algunos centímetros en la profundidad de deformación producen pequeños errores en los resultados finales. Sin embargo, errores en la determinación de la dirección de la FPI sí pueden tener consecuencias más significativas, por lo que deberán extremarse las necesarias precauciones cuando se estima el valor de este parámetro.

El error final que puede esperarse en la velocidad tiene un valor mínimo del 6% y un valor medio aproximado comprendido entre el 10% y el 15%. Sin embargo, en algún caso particular es posible una desviación de hasta el 25%:

De todos modos, conviene matizar lo anterior teniendo en cuenta que, en la mayoría de las ocasiones, el término correspondiente a la energía de deformación no es el único que interviene en el principio de la conservación de la energía por lo que la importancia relativa

de errores en dicho término se ve sustancialmente mitigada al despejar finalmente las incógnitas buscadas.

En otro orden de cosas, la rigidez de los vehículos puede disminuir o aumentar conforme aumenta la deformación (por ejemplo cuando, tras una fuerte deformación, en el vano motor únicamente queda espacio para el bloque motor o cuando el vehículo presenta características estructurales especiales como es el caso de los vehículos blindados, descapotables, oxidados, etc. En cualquier caso, es siempre responsabilidad del reconstructor asegurarse de la fiabilidad de los resultados obtenidos.

A diferencia de otras fórmulas usadas en reconstrucción de accidentes, las cuales han sido validadas teórica y experimentalmente, como por ejemplo la velocidad límite de paso por curva o la distancia de detención con ruedas bloqueadas, el análisis de las deformaciones, resulta ser un evento demasiado experimental y complejo para poder constituir, hoy por hoy, una herramienta definitiva y exacta en la reconstrucción de accidentes. En una violenta colisión no es posible reconstruir exactamente la evolución en el tiempo de todos y cada uno de los parámetros puestos en juego y, en la mayoría de los casos, las leyes de comportamiento suelen ser complejos sistemas que no admiten planteamiento explícito del problema y que, además pueden también poseer características de no linealidad.

Por ello habrá algún caso en el que el análisis de las deformaciones no suministrará resultados válidos que se correspondan con la realidad de lo sucedido. En estos casos, el reconstructor deberá ser capaz de discernir la plausibilidad de los resultados.

2.4. DAÑOS DIRECTOS E INDUCIDOS

En todos los accidentes, los daños más visibles son aquellas partes del vehículo que han sufrido abolladuras o roturas a consecuencia de la colisión sufrida. Estos daños nos indicarán muchas veces la posición de un vehículo con relación a otro o a un objeto fijo, mientras que se encuentran en contacto, y en la mayoría de las ocasiones nos señalarán las direcciones, posiciones y magnitudes de las fuerzas que causaron estos daños.

De los daños observados por el investigador, es muy importante que sepa distinguir entre *daños por contacto* (externos e internos) y *daños inducidos*, pues si éstos son determinados erróneamente podría interpretarse equivocadamente el momento de la colisión entre vehículos, sobre todo si se han producido sucesivas colisiones, y por supuesto podrían llegar a confundirse trayectorias pre-colisión diferentes a las que realmente se produjeron.



Localización de daños de contacto e inducidos

2.4.1. Daños por contacto

Dentro de los daños por contacto podremos diferenciar aquellos que proceden del exterior del vehículo de aquellos producidos en el interior.

Los *daños por contacto externo*, producirán en el vehículo marcas o *huellas de carácter mecánico o biológico* dependiendo de su origen, y estarán indicados por residuos de pintura, caucho de neumáticos, material de la superficie de la carretera, árboles y ropas de peatones, así como impresiones y marcas de faros, llantas, paragolpes, etc. Si bien, lo más corriente es que los daños se manifiesten en forma de parte de carrocería dobladas, retorcidas o arrugadas; arañazos, desgarros, perforaciones o estriados, de tal manera que incluso podamos encontrar varios tipos de marcas o desperfectos, resultando a veces difícil identificar el objeto que causó el daño.

Los *daños por contacto interno*, son aquellos producidos en el interior del vehículo normalmente por los ocupantes o por los objetos transportados en él, al desplazarse en el interior del habitáculo cuando se produce la colisión o posterior deslizamiento del vehículo. Por lo que se refiere a los ocupantes, estos movimientos representarán el origen del mecanismo lesional directo, por lo que es preciso en la toma de datos efectuada por el investigador describir la configuración y las condiciones que presenta el habitáculo, tomando determinadas medidas y especialmente aquellas con las que impactaron, así como la ubicación de huellas biológicas y otros vestigios que evidencien la interacción del ocupante en el interior del vehículo y los posibles daños en guarnecidos de puertas, salpicadero, volante o parabrisas.

En los daños generales por contacto de *origen mecánico* que puedan observarse en el vehículo, nos encontramos con los siguientes:

-Arañazos: Rayas estrechas de poca profundidad y que aunque puedan penetrar en la chapa, generalmente sólo afectará a la pintura.



Arañazos

-Hendiduras: Se trata de un arañazo más intenso y profundo en la chapa, que afecta a la capa superficial y a la metálica y que cuando penetra totalmente formará un corte. Normalmente las hendiduras, al igual que en las huellas observadas sobre la superficie de la carretera, se producirán por un elemento metálico cortante.



Hendidura

-Raspado: Como normal general se producen cuando dos planchas o cuerpos rozan entre sí, produciendo desconchados de pintura que permiten reconstruir la forma de los objetos que han entrado en contacto.



Raspado

-Desprendimientos: Estos daños, se observan cuando una parte del vehículo como consecuencia de la colisión, ha saltado de la posición en la que normalmente iba colocada, como por ejemplo, el parabrisas, los proyectores, adornos, puertas, guardabarros, etc.

-Abolladuras: Normalmente se producen como consecuencia de golpes con una fuerte compresión; se trata del hundimiento de la chapa metálica formando zonas cóncavas y convexas. Estas marcas también suelen observarse cuando los daños son inducidos, denominándose entonces *abolladura refleja*.

-Roturas: Aquellos daños que no entran dentro de las definiciones anteriores.

Por su parte los *daños de origen biológico* deben ser examinados detenidamente sobre el vehículo y confrontarlos con las posibles heridas que pudieran presentar las víctimas. Debe tenerse presente que aunque se produzcan heridas penetrantes en la víctima, no siempre se encontrarán huellas de sangre, pues una penetración parcial momentánea de una parte metálica en el cuerpo de la víctima podrá dejar una huella de grasa y no de sangre.

2.4.2. Daños inducidos

En una colisión frontal podrán observarse daños de contacto en el radiador, guardabarros, paragolpes, proyectores, etc. La propia colisión hará retroceder el motor y la transmisión, causando daños inducidos en ellos; incluso con la violencia de la colisión podrá producirse el desprendimiento de los anclajes de los asientos y su desplazamiento hacia delante, lo que ocasionaría unos daños también inducidos. Pero donde mejor se apreciarán los daños inducidos será en la carrocería. Así una colisión frontolateral, podrá provocar daños inducidos en la puerta del lado contrario o en el techo; una colisión frontal angular ocasionará grandes daños de contacto en la zona de colisión, pero el empuje del plano frontal hacia el otro lado provocará en éste, daños inducidos en las partes del vehículo de dicho lado a causa de la distorsión

Como se dijo anteriormente, los daños inducidos en la carrocería se manifestarán en forma de abolladura, antes que en forma de arañazos o raspaduras.

2.5. COMPATIBILIDAD DE DAÑOS ENTRE VEHICULOS

Para que el investigador pueda plantear hipótesis sobre cómo se produjo el accidente, deberá obtener datos acerca del punto y del ángulo de la colisión, de la dirección de la fuerza principal de impacto y de las posiciones en el momento clave y movimientos posteriores de los vehículos. Se trata en definitiva de contrastar los daños de un vehículo con los del otro, o

con los producidos por un objeto, como una farola, una señal o un árbol, para poder determinar la posición del vehículo implicado en el momento de la colisión o choque. Esta confronta de daños nos permitirá, a menudo, descartar aquellos desperfectos previos al accidente; por ejemplo el hallazgo de óxido casi siempre nos indicará el tiempo transcurrido desde que se produjeron dichos daños hasta el momento actual. En ocasiones algunos daños producidos en el momento actual pueden encontrarse sobre extensos daños antiguos, siendo en este caso muy importante distinguir la temporalidad de los mismos, para evitar cometer errores que nos llevarían a establecer hipótesis incorrectas.

Los desperfectos más recientes se observarán más limpios, con más brillo metálico y más vivo que los daños antiguos, en los que suele apreciarse además una pérdida de color.

Las transferencias de pintura o goma de neumático, nos ayudará a identificar las partes exactas que han entrado en contacto directo y nos permitirá establecer un ángulo de entrada y conocer la posición de los vehículos en el momento de la colisión. En ocasiones se precisa una observación atenta de las marcas y rebordes de los neumáticos para ver si pudieron efectuar o no las marcas observadas en el movimiento.



Correspondencia de daños

Es conveniente medir la distancia desde la superficie de la calzada al desperfecto para poder contrastarlo con la altura de la parte del otro vehículo que la causó, lo que nos ayudará a establecer las posiciones de los vehículos implicados en el momento de la colisión.

En los alcances, la altura de los desperfectos reviste especial importancia, pues la comparación de la altura de las partes que causan los desperfectos en el momento del alcance con la altura normal de las mismas en reposo, aportan datos sobre la forma en que se produjo dicho alcance. Así, si los daños están más bajos de lo normal en la parte trasera del vehículo alcanzado o más altos en el frontal del que colisiona, uno u otro de los vehículos frenó, pues esta frenada producirá una bajada de la parte anterior y una subida en la parte posterior.

Es por ello importante confrontar correctamente los daños y valorar la posible compatibilidad de los mismos para descartar o aceptar posibles hipótesis.

En caso de AT, ya no sólo la protección de los ocupantes, se ve influenciada por las características del vehículo que ocupan, sino también por las características del vehículo contra el que colisionan. Así aparece el concepto de *compatibilidad* entre vehículos, que consiste en la combinación de los conceptos de *autoprotección* (capacidad de protección a sus ocupantes en una colisión) y de *agresividad* (capacidad del vehículo de causar lesiones a los ocupantes de otro vehículo, cuantificada por el número de muertes y lesiones entre los usuarios del vehículo colisionado/número de accidentes en los que se ve implicado el vehículo sobre el que se estudió la agresividad) y se define como el grado de protección que posee un

vehículo para el resto de usuarios de la vía; por tanto un vehículo será compatible cuanta mayor protección ofrezca a sus ocupantes y menor peligro suponga para el resto de usuarios.

De igual forma se dice que dos vehículos son incompatibles si la deformación y la distribución de fuerzas sobre sus ocupantes son diferentes en cada uno de ellos. Como ejemplo, debido a que un turismo experimenta una mayor variación de velocidad en una colisión contra un todo-terreno, por su diferencia geométrica y de rigidez; en una colisión frontal entre un todo-terreno y un turismo, la probabilidad de que muera el conductor del turismo es 17 veces mayor que la del conductor del todo-terreno.

Los elementos que influyen para la consideración de la compatibilidad entre vehículos son la *masa*, la *geometría* y la *rigidez*, y dependen además de la diferente forma en que pueda producirse una colisión. Así, en colisiones por embestida, o laterales, la altura del paragolpes, esto es, su geometría, es un factor determinante, mientras que en las colisiones frontales excéntricas, el factor determinante sería la rigidez.

Es conocido que en una colisión entre dos vehículos, el riesgo de lesiones en el vehículo de mayor *masa*, es menor que en el vehículo de menor masa. Podemos intuir que en una colisión frontal, a la misma velocidad de choque, el vehículo más pesado empujará al más ligero hacia atrás (principio de conservación de la cantidad de movimiento) y por tanto el cambio de velocidad sufrido por el vehículo más pesado, será menor que el más ligero. De esto podemos deducir que la mayor agresividad la presentará aquel vehículo con mayor masa. Por el contrario, si el vehículo de mayor masa choca con un obstáculo fijo, al tener que disipar mayor energía, la estructura del vehículo estará sometida a mayores exigencias, y el resultado será más negativo para su conductor.

Factores como la propia altura del paragolpes, la posición que ocupan los usuarios, la forma del vehículo, en definitiva las variaciones de *geometría*, suponen estudios destinados a mejorar los niveles de compatibilidad. Si la zona deformable destinada a absorber la energía en caso de accidente, está por encima de las estructuras de un hipotético vehículo contrario más ligero, las citadas estructuras no absorberán energía, sino que una montará por encima de la otra, disminuyendo la absorción efectiva de energía, y siendo más probable que se produzcan mayores intrusiones en el habitáculo del vehículo ligero. El problema de alineamiento geométrico puede resultar severo, si los elementos absorbentes de energía del vehículo que colisiona, golpean a mitad de altura de las puertas, siendo especialmente factible en vehículos todo-terreno y pick-up. Para una buena protección del ocupante sería deseable que las principales fuerzas de colisión lateral se transfirieran al vehículo colisionado a través de los estribos laterales y pilares de las puertas, mientras que el alineamiento de la estructura frontal del vehículo que golpea debería proporcionar una vía directa de carga por debajo del ocupante.

La *rigidez* de cada vehículo determina, en caso que las estructuras interactúen correctamente, la proporción de energía de la colisión absorbida por cada uno y su deformación asociada. Por tanto un vehículo menos rígido se deformará más. Si la deformación se extiende hasta el habitáculo, afectará de forma drástica a los ocupantes, mientras que si el habitáculo permanece intacto, el riesgo de sufrir lesión en cada vehículo, estará relacionado con el espacio disponible para decelerar al ocupante en cada uno. Por ello es importante que el vehículo tenga una distribución de rigidez homogénea.

Además de estos tres elementos citados, existe un cuarto factor que influye en la agresividad, como es, la posición de los vehículos en el momento de la colisión.

Si la colisión ha sido frontal, deberán tenerse en cuenta factores como, la masa de los vehículos, la interacción con la estructura del vehículo, la homogeneidad de la parte delantera, el estado y altura a la que se encuentra el paragolpes y el comportamiento del habitáculo. Si se ha producido una colisión por alcance de un turismo a un camión, el turismo tenderá a meterse debajo de la caja del camión, debido al espacio existente entre la parte inferior de la caja y el suelo. Si la colisión es frontolateral, deberá tenerse en cuenta que el espacio entre los ocupantes y los elementos de la estructura del vehículo es muy pequeño; representando la geometría de los vehículos un factor muy importante; así, por ejemplo, el estribo del vehículo, que es el elemento rígido que debe soportar el choque, debe encontrarse a la altura del paragolpes, lográndose un mejor efecto de compatibilidad, ya que si existe mucha diferencia entre ellos, se generará una sobrecarga sobre los ocupantes del vehículo que sufre la colisión, que tendrán mayor riesgo de sufrir lesiones más graves.



Colisión frontolateral perpendicular central de todo-terreno contra turismo

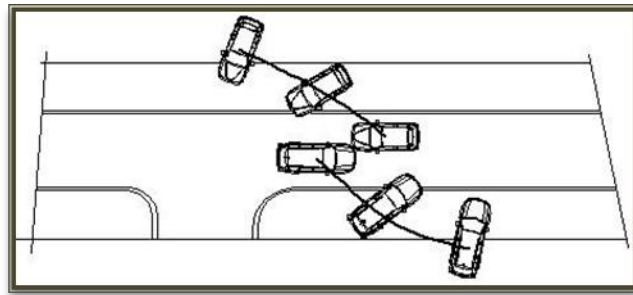
2.6. DETERMINACIÓN DE LA FUERZA PRINCIPAL DE IMPACTO

La Fuerza Principal es el valor máximo de la resultante de las fuerzas que actúan deformando y desplazando al vehículo en el momento del choque.

La localización del choque, se define por la zona de deformación, entendiendo por tal el desplazamiento de uno o varios puntos de la superficie del vehículo en relación a su posición relativa antes del choque. Este desplazamiento debe medirse paralelamente a un plano principal vertical apropiado del vehículo, que mida el valor máximo de un solo punto o un valor medio para una superficie más o menos grande. Los daños en partes específicas como parachoques, guardabarros, puertas, ejes, ruedas, así como los movimientos sufridos por los ocupantes del vehículo, son fuente previa que nos ayudará a establecer las primeras hipótesis sobre la incidencia de las fuerzas.

En unión al estudio del comportamiento del vehículo después de la colisión, y al examen de los desplazamientos de la zona de deformación anteriormente indicados, es posible, al menos de forma aproximada, determinar la dirección y ángulo de la fuerza principal que actuó en los vehículos que se han visto implicados en el accidente.

Sabemos que el comportamiento de los vehículos después de ocurrida la colisión es distinta, dependiendo de la incidencia de las líneas de fuerza que actúan en ella. Sí se produce una colisión en la que las líneas de fuerza pasan por los centros de gravedad, se producirán desplazamientos de los vehículos en el mismo sentido de las fuerzas; pero si éstas no pasan por los centros de gravedad, se producirán otros desplazamientos, resultantes de las fuerzas principales que han actuado y se producirán además rotaciones de los vehículos.



Comportamiento en caso de colisión frontal excéntrica

Por ello el investigador, deberá prestar atención a:

a) *movimientos de los ocupantes del vehículo*: si se ha realizado una inspección ocular meticulosa del interior del vehículo y han podido detectarse puntos de contacto por el movimiento de los ocupantes del vehículo con objetos del interior, podremos deducir que la dirección de la fuerza experimentada por el vehículo, será paralela pero en sentido contrario.

b) *vía*: del examen de los vestigios y de la posición final de los vehículos, podrá establecerse un comportamiento específico de cada vehículo, en los momentos previos y posteriores a la colisión, lo que nos ayudará a determinar cómo han interaccionado las fuerzas implicadas.

c) *vehículo*: como dijimos anteriormente, la dirección de la fuerza experimentada por el vehículo vendrá determinada por la dirección de las deformaciones, con respecto al eje longitudinal del vehículo, debiendo tener especial precaución en aquellos casos en los que se hayan producidos otros desperfectos debidos a la rotación post-colisión.

2.7. TRANSFERENCIA DE PINTURA

En los accidentes de circulación, especialmente cuando existe fuga de alguno de los vehículos, se han visto implicados gran cantidad de vehículos o se tiene duda sobre qué vehículo es el responsable, es de gran importancia detectar restos de pintura que se han podido transferir en el contacto de unos vehículos con otros. Gracias a esa transferencia podremos conocer qué vehículos participaron en la colisión o qué vehículo atropelló al peatón.

Esta transferencia puede presentarse en forma de escamas o bien impregnando el objeto. En el caso de presentarse en forma de escamas se identificaría por medio del microscopio de comparación, pero es necesario tener otras muestras indubitadas de la pintura del vehículo sospechoso. En el segundo caso debe recurrirse a un análisis químico.

Si la colisión es entre vehículos, los restos de pintura se buscarán en las zonas que presumiblemente han estado en contacto. Cuando se trata de un atropello, lo que se examinarán serán las ropas del atropellado, en busca de residuos de pintura.

Para el análisis es conveniente trasladar al laboratorio el objeto donde se encuentra la transferencia de pintura, o se recogerán los restos donde la pintura se asiente. Pero si no es posible, se procederá del siguiente modo:

- 1.- Se aplica algodón limpio impregnado de acetona sobre la transferencia.
- 2.- Se frota lo suficiente para extraer los restos de pintura.

3.- El algodón se deja secar con la muestra y se remite al laboratorio en una bolsa cerrada herméticamente. En la etiqueta que identifique la muestra se harán constar los datos necesarios y el método de recogida.



Ejemplo de transferencia de pintura entre dos vehículos

Debe tenerse en cuenta que nunca deberán contrastarse restos de pintura físicos, cotejando fotografías, pues pueden existir variaciones en la tonalidades.

2.8. VUELCO

Generalmente el vuelco se produce por una salida de vía de un vehículo, aunque también se producen sobre la calzada debido a una colisión previa entre vehículos.

El primer examen general del vehículo puede dar una idea al investigador que el vehículo implicado sufrió un vuelco, pero para poder conocer cómo se produjo el mismo y los momentos previos a su inicio, deberá examinarse la carrocería para detectar el sentido de los arañazos que se hayan producido e incluso evaluar la posibilidad de que el vehículo hubiera realizado más de un vuelco. Es fundamental valorar el desplazamiento que ha sufrido el techo y más concretamente el estado de los pilares para establecer el tipo de vuelco en cuestión.

Como sabemos, existen dos tipos de vuelcos:

1.- *En tonel*: se produce cuando el vehículo en su vuelco gira en sentido transversal a su marcha, esto es, gira de costado. El vehículo podrá dar un cuarto de vuelta, media vuelta, tres cuartos de vuelta o vuelta completa, incluso dar más de una vuelta. Este vuelco se produce generalmente por haber tomado un vehículo una curva a excesiva velocidad, por lo que al actuar la fuerza centrífuga sobre el centro de gravedad, si éste queda situado en posición algo elevado, se produce una fuerza que tiende a ocasionar el vuelco de costado.



Vuelco en tonel, determinado por el sentido de los arañazos en el lateral

2.- *De campana o volteo*: El vuelco se produce en sentido longitudinal a la marcha del vehículo y generalmente se produce por la paralización brusca ocasionada por algún obstáculo situado por debajo del centro de gravedad del vehículo.



Vuelco de campana o volteo. Obsérvese el sentido de los arañazos del techo y su hundimiento

2.9. ATROPELLOS

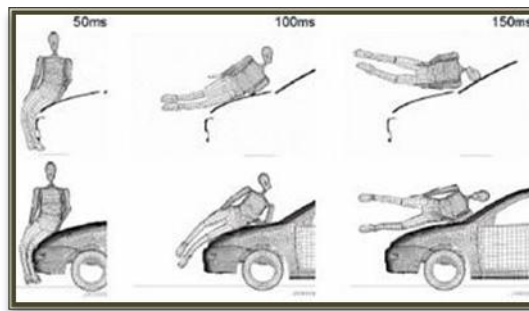
El atropello se puede definir como la toma de contacto más o menos violenta de un vehículo con un peatón, entendiendo como tal, toda persona que no sea conductor ni pasajero de un vehículo, si bien dentro de este concepto se incluye también el cochecito de niño, silla de inválido con ruedas y sin motor, carro de mano, ciclista que acompaña su bicicleta a su lado o persona reparando un vehículo.

Los estudios realizados con “dummies”, han demostrado que a una velocidad de 40 Km/h se produce la rotura de la parte inferior de la piernas por tres partes; en niños se produciría la rotura de la parte superior de la pierna, e incluso la muerte o daños cerebrales por el golpe de la cabeza del niño.

En la determinación de las lesiones, tiene especial importancia el perfil del vehículo, es decir, la influencia de la geometría del mismo, que determina el ángulo de ataque que impacta sobre la región anatómica que sufre la agresión. Cuando más anguloso sea la parte anterior del vehículo mayor posibilidad existe que se produzcan fracturas.

Podemos decir que cuando se produce un atropello se suceden estas secuencias:

1. *Encuentro*: Contacto inicial.
2. *Impacto*: Se produce el empuje del vehículo al peatón el cual se somete a la aceleración del vehículo, por lo que comienza a caer.
3. *Transporte*: El vehículo y peatón permanecen juntos durante unos instantes que dependerá de la velocidad.
4. *Aceleración*: Se produce la aceleración del peatón que es elevado del suelo y se desequilibra, cayendo hacia el vehículo. Como consecuencia del giro que se produce, la parte baja del cuerpo se eleva y el cuerpo gira hacia el capó.
5. *Proyección*: Es el movimiento del peatón alejándose del vehículo. Si la velocidad de éste es baja, el peatón se moverá desde el capó al suelo; si la velocidad es moderada será lanzado desde el parabrisas; pero si la velocidad es mayor, la proyección se producirá por encima del parabrisas, techo y por detrás del vehículo.
6. *Arrastre*: Movimiento que sufre el peatón sobre el pavimento, debido al impulso.



Secuencia de un atropello

Por su evolución podemos considerar la existencia de seis tipos de atropellos:

1º: Transporte. Estos atropellos suelen producirse a una velocidad aproximada a los 30 Km/h, pues la cabeza no llega a golpear el parabrisas por debajo de los 40 Km/h. Este tipo de atropello se produce cuando el vehículo está en proceso de frenada, golpeando el peatón el capó; la distancia de transporte del peatón dependerá de la geometría del vehículo y finaliza cuando el cuerpo se desliza sobre el capó aproximándose al lateral y cayendo al pavimento, en cuyo instante el peatón suele rodar o arrastrar por el suelo.

2º: Proyección. Este tipo de atropello, ocurre cuando el centro de gravedad del peatón se encuentra por debajo del ataque del frente del vehículo. El peatón saldrá lanzado adquiriendo la velocidad y dirección del vehículo.

3º: Aplastamiento. Este tipo de atropello se produce normalmente cuando un vehículo se sale de la vía y antes de chocar contra un obstáculo, atropella a una persona, produciendo su aplastamiento contra el citado objeto; en este supuesto nos encontraríamos ante un *aplastamiento mecánico*. Si como consecuencia del atropello se produce una proyección y la persona se estrella contra un objeto, hablaríamos de un *aplastamiento dinámico*.

4º: Volteo simple. Se produce cuando el centro de gravedad del peatón está por encima del frente de ataque del vehículo y próximo a la posición final en que quedaría éste. El peatón sufrirá una elevación, se apoyará sobre el capó y caerá por el costado del vehículo.

5º: Volteo completo. Similar al anterior, si bien debido a la velocidad relativamente elevada del vehículo y a su propia geometría, el peatón después de golpear contra el capó, puede golpear el parabrisas y sufrir una elevación tal que el vehículo pasa por debajo de él.



Detalle de atropello por volteo completo

6º: Atropello complejo. Es la combinación de los atropellos de *transporte* y de *proyección*, pero con una velocidad del vehículo mucho mayor. En este caso el peatón al quedar tendido en el pavimento, puede ser arrollado por el propio vehículo que produce el atropello.

El peatón puede sufrir en el momento del atropello un transporte, para posteriormente ser proyectado y sufrir el arrastre sobre el pavimento, pero debido a la velocidad del vehículo o a las condiciones del conductor, el peatón vuelve a ser atropellado por *arrastramiento*.

En este supuesto, se pueden distinguir las siguientes secuencias:

a) *acercamiento*: cuando el vehículo tiene el segundo contacto con el peatón que se encuentra en el pavimento.

b) *arrastramiento*: de la víctima por los bajos del vehículo.

c) *compresión*: Es el paso de al menos una de las ruedas por el cuerpo del peatón. Si se trata de un vehículo ligero se realiza un sobrepaso, pero si se trata de un vehículo pesado, este sobrepaso queda sustituido por un aplastamiento.

c) *aplastamiento*: en el arrastramiento, el cuerpo del peatón puede ser aplastado por las partes bajas del vehículo, o por cualquier otro objeto existente en la vía.

Si bien, en la mayoría de los casos los atropellos son producidos por los frontales de los vehículos, no deben descartarse zonas de contacto en los laterales, en especial comprobando el estado del espejo retrovisor.

Deberá, ser muy cuidadoso al realizar la inspección ocular del vehículo y relacionar los vestigios que pudiera encontrar en él, junto con los restos que pudiera hallar sobre la calzada, para tener indicios sobre el lugar donde pudo producirse el primer encuentro del vehículo con el peatón. Conseguir este dato junto al de la posición final del cuerpo es muy valioso para poder efectuar los correspondientes cálculos en la reconstrucción del accidente. En la fase inicial del atropello (encuentro e impacto), las lesiones más frecuentes consisten en contusiones, heridas contusas o punzantes ocasionadas por partes puntiagudas del vehículo, así como fracturas directas y abiertas; por lo general se producen en las extremidades inferiores.

Cuando se produce una proyección, las lesiones más frecuentes son las erosiones y escoriaciones; existen placas apergaminadas equimóticas en las manos y en las partes salientes del cuerpo, y diversas contusiones y heridas con fracturas e incluso lesiones viscerales graves; predominan en la cabeza, parte superior del tronco, brazos, antebrazos y manos.

En el volteo simple las lesiones difieren de las caídas ordinarias por su localización, y porque la rotura del cristal del parabrisas origina heridas múltiples típicas.

En un aplastamiento pueden producirse lesiones superficiales y lesiones profundas. En las *superficiales* pueden apreciarse placas apergaminadas estriadas que originan los neumáticos sobre el cuerpo; desprendimientos subcutáneos de la piel, con formación de grandes hematomas y arrancamiento de fibras musculares por donde pasó la rueda; el salto traumático, que muestra lesiones superficiales separadas por zonas indemnes, se debe a la pérdida de contacto entre el cuerpo y la rueda por efecto de la velocidad. En las *profundas*, se producen lesiones en los huesos, con fracturas en el lugar del paso de la rueda y destrozos viscerales.

El investigador deberá buscar sobre la carrocería posibles roces, restos de sangre, tejido epitelial o ropa. Si se ha producido la rotura del parabrisas, habrá que examinarlo detenidamente, buscando entre las partículas del cristal laminado cabellos, que indicarían el contacto de la cabeza con el parabrisas. Asimismo deberá examinar los bajos del vehículo así

como los neumáticos o llantas, si existieran indicios de haberse producido un atropello complejo.

2.10. INSPECCIÓN DE NEUMÁTICOS

Generalmente, los neumáticos contribuyen de dos formas a la producción del accidente, bien porque la escultura haya desaparecido a causa de un excesivo desgaste que afecte a la direccionalidad o frenado, o porque se haya producido una pérdida súbita de aire debido a un reventón o pinchazo, o incluso se haya separado la banda de rodadura.

Es preferible examinar los neumáticos en el lugar del accidente a fin de poder contrastar los elementos del escenario que hayan podido influir en los daños de los neumáticos y en la evolución del accidente, máxime cuando existan fundadas sospechas que el motivo del mismo haya podido deberse a un reventón del neumático. En ese momento el investigador deberá observar y anotar si los neumáticos están correctos, indicar si alguno se encuentra desinflado y las apreciaciones que observe sobre el estado del talón o de la llanta, tomando las oportunas fotografías en detalle de todas estas circunstancias.

Durante la investigación, deberá anotarse en el correspondiente cuaderno de campo, el tipo de neumático con los códigos y claves esculpidos en su flanco, así como aquellas anomalías que pueda observar en el neumático y llanta, por su posición con referencia a un punto determinado y a las caras del neumático. Un método que puede ser usado para ubicar la anomalía o defecto es tratarlo como si se tratara de una esfera de un reloj, colocando a las doce un elemento claramente distintivo del neumático, como la anchura nominal.

2.10.1. Interacción neumático-calzada

2.10.1.1. Variables que determinan el fenómeno de rozamiento generado en la interacción neumático/calzada

Los principales mecanismos físicos por los que un neumático proporciona su capacidad de **ADHERENCIA** con el suelo son dos: *adhesión* e *histéresis*.

Por *adhesión* se conoce el fenómeno por el que los átomos de dos cuerpos en contacto, sean rígidos o no, desarrollan una pequeña fuerza electromagnética de atracción mutua.

La *histéresis* es el mecanismo por el que el neumático, fundamentalmente debido a su componente de caucho y su comportamiento visco-elástico, sufre una deformación al contacto con irregularidades del pavimento. Cuando esta irregularidad se ha superado, el caucho tiende a recuperar su forma original y su contacto con la superficie pero, debido a la *histéresis*, no de forma inmediata. A este fenómeno se debe que un neumático “blando” (nuevo) tenga mejor agarre que uno “duro” (viejo).

El área de la superficie de contacto entre neumático y el suelo queda definida en gran medida por la *presión de inflado* y el *peso* que recae sobre él, y no es por lo tanto responsable de la mayor adherencia que un neumático ancho puede proporcionar. La *presión de inflado* es la presión del aire contenido en el interior del neumático y permite soportar las deformaciones a que está sometido bajo los efectos de la carga, velocidad, etc.

Sobre asfalto seco, un neumático de turismo tiene un *coeficiente de rozamiento* en torno a 0,8-1. Es decir, puede desarrollar una fuerza (lateral, longitudinal o combinada) entre el 80 y el 100 por ciento del *peso* que recae sobre él.

2.10.1.2. Características de la interacción entre el neumático y la calzada

La fricción. Es la resistencia del movimiento relativo entre dos cuerpos en contacto. La fuerza de fricción entre el neumático y la calzada juega un papel fundamental en el desempeño dinámico de cualquier vehículo.

Seis factores gobiernan el aumento de fricción desarrollado en la acción de frenado:

a) Presión superficial.

Es la existente entre la banda de rodadura y la calzada. Una presión superficial reducida admite coeficientes de rozamiento altos y viceversa. Cuanto mayor sea la superficie en contacto del neumático sobre la calzada, más disminuirá la presión y aumentará la adherencia.

b) Superficie de contacto.

El tamaño de las superficies en contacto es un factor que influye básicamente en el desgaste del material de fricción.

c) Temperatura.

La temperatura, es el resultado de la fricción.

d) Resistencia a la rodadura.

La resistencia a la rodadura es exclusivamente determinada por el neumático. Se genera cuando la superficie de contacto del neumático se “aplasta” en cada giro de la rueda y, tras entrar en contacto con la calzada, vuelve a recuperar su forma redonda original.

e) Aquaplaning (hidroplaneado).

Se entiende por *aquaplaning* la situación en que un neumático flota sobre la película de agua de una calzada mojada, porque se introduce una cuña de agua debajo de toda la superficie de sustentación y levanta al neumático del suelo perdiendo la **adherencia** entre ambos.

f) Coeficiente de fricción.

Es la fuerza requerida para mover un objeto sobre una superficie, dividida por el peso del objeto que actúa en la superficie.

Las fuerzas de fricción surgen en parte debido a las rugosidades o asperezas de las superficies en contacto.

La temperatura de los neumáticos, juega un papel importante en el desempeño del coeficiente de fricción. El caucho reacciona acentuadamente a diferentes temperaturas:

- Cuando la temperatura desciende hasta el punto de endurecerse el neumático, los coeficientes de fricción alcanzan sus valores mínimos.
- Cuando la temperatura sube, el coeficiente aumenta hasta alcanzar su valor máximo. Si la temperatura sigue subiendo, después de alcanzar su valor máximo de coeficiente, volverá a disminuir.

El coeficiente de adherencia depende de:

1. La velocidad.
2. Estado de los neumáticos.
3. Estado de la calzada.

2.10.2. Examen de la banda de rodamiento

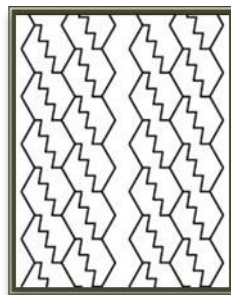
Una vez anotadas las características técnicas del neumático que están impresas en el flanco, se procederá al examen minucioso de la banda de rodamiento, siguiendo posteriormente con el flanco, los talones y la llanta.

La banda de rodamiento es la que está en contacto con el pavimento y soporta todos los esfuerzos longitudinales, transversales o verticales que se le transmiten, debiendo aportar la mayor adherencia al neumático, que se requiere para una conducción segura. En suelo seco el coeficiente de fricción de una banda de rodadura lisa es mayor que el de un neumático con dibujo en su escultura, pero en suelo mojado será menor. La función principal del dibujo es la evacuación del agua cuando la rueda gira sobre una superficie mojada, además de modificar la relación entre la adherencia lateral y longitudinal del neumático.

Los fabricantes, dependiendo del uso que se le vaya a dar al neumático en los distintos tipos de conducción, así como en atención a los grados de confort mecánico y acústico, diseñan las esculturas de las bandas de rodamiento para optimizar los resultados, siempre obteniendo unos altos grados de seguridad. Así, existen bandas de rodamiento *simétricas*, cuyo dibujo es simétrico respecto al centro, y *asimétricas*, que presentan dos partes diferenciadas.

De forma genérica, pueden distinguirse tres tipos de dibujos diferentes en la banda:

1.- *Acanaladuras y nervios orientados en sentido de la circunferencia*. Es el más común, ofreciendo un buen servicio para cualquier posición de la rueda, una mejor adherencia transversal y un desgaste uniforme. Son mejores en las ruedas directrices no motrices.



Dibujo con acanaladuras longitudinales

2.- *Tacos o nervios y acanaladuras transversales*. Al tener mayor adherencia longitudinal, ofrece mejores resultados en las ruedas motrices.



Dibujo con acanaladuras transversales

3.- *Otro tipo de diseños*. Se caracterizan por tener elementos orientados en ambos sentidos, presentan ranuras amplias y profundas con laterales inclinados para una mejor

autolimpieza. Estos diseños son destinados a vehículos que circulan fuera de vías y para el tipo M+S.



Dibujo con acanaladuras en ambos sentidos

En la inspección ocular, puede detectarse a simple vista si un neumático presenta una deficiente profundidad en la escultura del dibujo de la banda de rodadura, gracias a los indicadores de desgaste (TWI), que en el surco del dibujo representa la marca límite legal de 1'6 mm. de profundidad, o puede recurrirse al profundímetro, para conocer el estado del dibujo de la banda de rodadura.



Medición de la profundidad del dibujo con un profundímetro

2.10.2.1. Anormalidades

A continuación enumeraremos aquellas anomalías que, según Michelin, pueden apreciarse en las bandas de rodadura:

1.- Desgaste regular rápido.

El desgaste tiene su origen en el deslizamiento que se realiza sobre la superficie de la vía, dependiendo de las distintas energías que son transmitidas por el neumático (por ejemplo aceleración o deceleración). Sin embargo el desgaste regular rápido se detecta cuando se ha producido en un recorrido en kilómetros demasiado bajo, debido fundamentalmente a las condiciones en las que se ha utilizado el neumático que se pueden resumir en:

- El estado, perfil y trazado de la carretera por la que habitualmente se circula.
- Un estilo de conducción más agresivo.
- El clima y temperatura ambiente.
- La potencia del vehículo.
- Los neumáticos usados no están adaptados al tipo de utilización.



Desgaste regular rápido

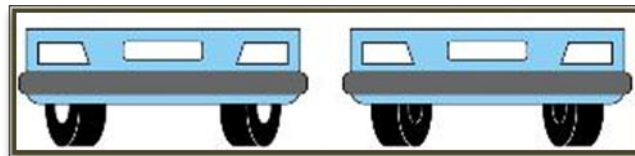
2.- Desgaste anormal rápido.

Se identifica por las estrías visibles en la banda de rodamiento y por las rebabas más o menos pronunciadas que se observan en las aristas de uno de los lados como consecuencia de un rodaje con arrastre transversal.



Desgaste anormal rápido

Este desgaste puede ser debido a un paralelismo incorrecto de los neumáticos delanteros o traseros, o entre los ejes del vehículo.



Paralelismo incorrecto de los neumáticos

En la imagen de la izquierda puede observarse una convergencia de los neumáticos, mientras que en la imagen de la derecha se observa una divergencia. Esta situación provoca que la rueda gire con un ángulo de marcha distinto a la marcha en línea recta llevada por el vehículo, de tal manera que la banda de rodamiento se va rozando diagonalmente, en una zona concreta de la misma.

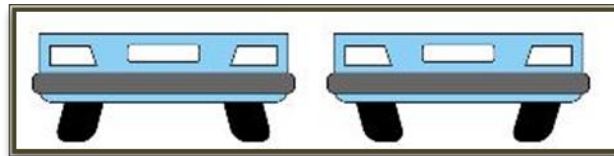
Para evitarlo, deberá corregirse el paralelismo, teniendo en cuenta la forma del desgaste y las propias características del vehículo, además de verificar los elementos de suspensión y dirección.

3.- Desgaste creciente de un extremo a otro.

Este desgaste, que no presenta rebabas en las aristas, se observa en una de las mitades de la banda de rodamiento, provocada por un ángulo de caída de la rueda excesivamente positivo o negativo. Si el desgaste crece hacia el hombro exterior al ángulo de será excesivo, y si lo es hacia el hombro interior el ángulo de caída será insuficiente.



Desgaste de un lado al otro



Ángulo de caída de las ruedas

En la imagen superior de la izquierda puede observarse un ángulo de caída negativo, pues la parte superior de la rueda se encuentra hacia el interior del vehículo, mientras que en la imagen de la derecha el ángulo de caída es positivo, pues se encuentra hacia el exterior.

Deberán corregirse las anomalías que provoquen los ángulos de caída excesivos, evitar sobrecargar el vehículo.

4.- Desgaste en el centro.

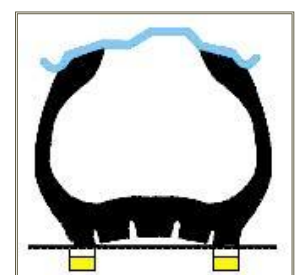
Este desgaste denominado también *desgaste en hondo*, se produce cuando el neumático está cargado con una excesiva presión. Si un neumático tiene una presión excesiva se curvará y la mayor parte del peso que soporta se situará sobre el centro de la banda de rodadura, con lo que los hombros del neumático se elevarán y dejarán de estar en contacto con la superficie, lo que supondrá una reducción de la zona de contacto con el pavimento y por tanto una reducción de la adherencia, provocándose el característico desgaste en la parte central de la banda de rodadura.



Desgaste en el centro

5.- Desgaste en los hombros.

También conocido como desgaste en cono, si el neumático se encuentra a presión inferior a la recomendada por el fabricante, o el vehículo está sobrecargado, se producirá un arqueamiento cóncavo



hacia dentro y los hombros del neumático soportarán la mayor parte del peso, provocándose grandes flexiones en la cubierta y un calentamiento general. Se observará una mayor degradación en los hombros que en la parte central de la escultura, con un desgaste típico.



Desgaste en hombros

Es posible que con una presión muy reducida, el neumático se sobrecargue y se produzca una gran deformación que puede llegar hasta el desprendimiento de la totalidad de la banda. Al principio entre el talón y el flanco se observará la goma con textura de piel de naranja, para después comenzar a desintegrarse y a aparecer hollín en su interior, siguiendo la desintegración de la tela del flanco, en cuyo instante el neumático puede sufrir un reventón, separándose finalmente los flancos de la banda de rodadura. El investigador deberá anotar las presiones del resto de neumáticos para contrastar los resultados y valorar, como posible, un reventón por deficiente presión de inflado.

6.- Desgaste localizado.

Este desgaste, que puede presentar un aspecto liso o con arrancamiento de goma, puede estar localizado en una o varias zonas de la banda, como consecuencia de un deslizamiento sin giro de la rueda, debido por ejemplo al bloqueo de neumáticos por maniobra de frenada, avería en el sistema de frenos (la rueda tiende a detenerse en la misma posición y le provoca un desgaste continuado en la misma zona), o derrape transversal, dependiendo la intensidad del desgaste de la velocidad a la que circulaba el vehículo y del estado del pavimento.



Desgaste localizado

7.- Desgaste irregular.

Son desgastes difíciles de definir por la falta de homogeneidad a lo largo de la banda de rodadura, pues pueden presentar formas oblicuas, pequeños resaltos, pequeñas ondas, etc.; son debidos a desajustes u holguras en los órganos de suspensión y dirección, desequilibrios en las ruedas, incorrectos montajes, gemelado de ruedas incorrecto, presiones insuficientes o anomalías en el sistema de frenado.



Desgastes irregulares

8.- Desgaste por conducción deportiva.

Cuando se observan rebabas en los tacos, con hombros redondeados que tienen tendencia a progresar hacia los flancos y se aprecia una cierta degradación debida al color, podemos intuir que el neumático ha sido utilizado en una conducción agresiva o deportiva que siempre reduce considerablemente la vida útil del neumático.



Desgaste conducción deportiva

9.- Desgaste por arrancamiento de goma.

Puede observarse en la banda, arrancamientos de la goma en forma de escamas y laminillas, debido al uso por caminos, zonas de obras o terrenos de montaña, derrapes en zonas de grava y piedras, o incluso por la realización de maniobras en la dirección con el vehículo parado.



Desgaste arrancamiento de goma

10.- Desgaste en diente de sierra.

Se manifiesta sobre todo en dibujos con elementos separados presentando cada taco una arista viva y otra desgastada. Los tacos se comprimen al apoyarse sobre el pavimento, y se recuperan cuando disminuye la presión produciéndose en ese momento un rozamiento contra el pavimento que provoca un desgaste, debido a un mal estado de la suspensión o

amortiguación (tendencia de los neumáticos a rebotar sobre la calzada a determinadas velocidades), a un incorrecto reglaje geométrico del vehículo (desalineación) o a presiones inadecuadas.



Desgaste en dientes de sierra

11.- Desgaste máximo-mínimo.

El grado de desgaste varía progresivamente entre un máximo y un mínimo, diametralmente opuestos, debido a un descentrado del neumático en relación a la llanta, un importante desequilibrio de la rueda, o una irregularidad en el sistema de frenos.



Desgaste máximo-mínimo

12.- Desgaste irregular en ruedas gemelas.

Cuando uno de los neumáticos se desgasta más rápidamente o de forma irregular, puede ser debido a un reparto de la carga desigual, uso de cubiertas distintas o presiones muy diferentes entre ambas ruedas.



Desgaste irregular ruedas gemelas

13.- Separación entre lonas de cima.

Estas separaciones pueden estar localizadas o ser generalizadas, y son producidas normalmente por un sobrecalentamiento excesivo del neumático debido a flexiones anormales que originan una degradación progresiva de los componentes. Las posibles causas que pueden

generarlo están vinculadas a un rodaje con presión insuficiente, utilización del neumático sobrecargado o que no respete las instrucciones del fabricante

Es posible que esta separación también sea debida a degradación de sus componentes por causas externas, generalmente por oxidación de las lonas, después de haber sufrido cortes.



Separación lonas de cima

14.- Rotura por corte.

Cuando, debido a un choque o impacto, se produce un corte en la banda de rodamiento y alcanza a las lonas de cima, la humedad, gravilla y barro pueden llegar a producir una degradación paulatina de la cubierta, alterando la resistencia del neumático y provocando despegues y oxidaciones. La rotura puede producirse al transcurrir algún tiempo desde que se recibiera el impacto que diera origen al corte y debido a las continuas flexiones que sufre el neumático al rodar, puede producirse la pérdida total de presión de forma instantánea.



Rotura por corte

15.- Deformación de la banda de rodamiento.

Esta deformación, se produce por la separación de los constituyentes en la estructura interna de la banda de rodamiento, debido a un periodo prolongado en el que el vehículo ha circulado con bajo inflado, cortes profundos en la banda, utilización prolongada de sobrecarga o la utilización de una cubierta no adecuada al vehículo (índices de carga o de velocidad).



Deformaciones en la banda de rodamiento

2.10.3. Anormalidades en el flanco y en el interior de la cubierta

El flanco es la parte más delgada del neumático y con el paso del tiempo, tiende a agrietarse con mayor rapidez.

1.- Deterioro de la goma.

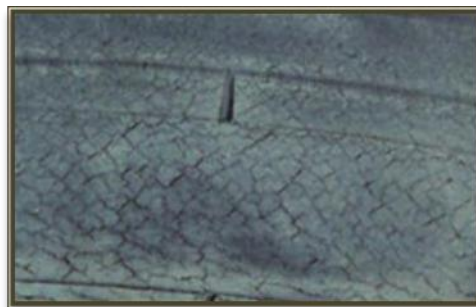
Cuando se observa la modificación de las características de la goma, se ve deformada, reblandecida, o tiene una apariencia pegajosa, podemos encontrarnos en su supuesto de que el flanco haya estado en contacto con disolventes, grasas o hidrocarburos.



Deterioro de goma

2.- Grietas en la goma.

Cuando se aprecian en el flanco grietas generalizadas, pueden ser debidas al envejecimiento, a una excesiva exposición a la luz, a haber permanecido cerca de emisiones de ozono (motor eléctrico, soldadura eléctrica, cargador de baterías), o a la climatología.



Grietas

3.- Desgaste por roces.

El borrado de los marcajes acompañado de raspados, se debe al roce continuo contra bordillos y en ruedas gemeladas al roce de las cubiertas por exceso de carga o falta de presión.



Desgaste por roces

4.- Deterioro por objeto en neumáticos gemelados.

Una deformación en el flanco puede deteriorar la goma, debido al alojamiento de algún objeto entre las ruedas gemelas o a la utilización intensiva en zona de obras.



Deterioro en ruedas gemeladas

5.-Corte en el flanco.

El choque contra un obstáculo, puede provocar un corte que puede alcanzar la carcasa.



Corte

6.- Bolsa de aire.

Este defecto se provoca por la infiltración de aire entre la goma y la lona de la carcasa; los hilos de la lona de la carcasa canalizan a veces el aire hasta un punto donde se acumula, manifestándose como una especie de bulto, pudiendo llegar a la rotura del flanco.

Puede ser debido a que se ha montado un neumático tipo “tube type” sin cámara, a un deterioro interior de la goma, a reparaciones en mal estado o a daños previos en el talón.



Bolsa de aire

7.- Rotura del flanco.

Un corte producido por un choque contra un obstáculo o un rodaje a bajo inflado, puede que no tenga consecuencias inmediatas, pero es posible que aumente y se agrave con el rodaje del vehículo, llegando hasta la rotura total del flanco.

Como los flancos son débiles en comparación con el resto del neumático y muy sensibles a impactos en bordillos, hay que tener en cuenta que si se produce un aplastamiento del flanco, puede que la carcasa quede dañada con rotura de cordones.



Rotura del flanco

8.- Rotura de la carcasa por choque.

Cuando un neumático choca contra un obstáculo, sufre tensiones excesivas provocadas por las deformaciones que puede provocar la rotura localizada de la carcasa. Las consecuencias pueden que no sean inmediatas, ni visibles exteriormente, pero el rodaje posterior, puede agravar el daño y manifestarse por una rotura con pérdida instantánea del aire.

Es posible que puedan existir daños en el neumático y llanta al sobrepasar baches profundos y tapas de registro que sobresalgan del pavimento. Estos daños se detectan por medio de abolladuras localizadas en el punto donde se produjo el impacto.



Rotura de la carcasa por choque

9.- Arañazos, marcas y roces.

En general son daños producidos por fricción o deformación, debido a roces con partes metálicas del vehículo, marcas de las cadenas de nieve, o un chorro de agua de alta presión.



Arañazos, marcas y roces

10.- Rotura localizada de la lona carcasa.

Esta rotura del flanco se produce por una importante flexión de los flancos, debido a un rodaje a baja presión, a una sobrecarga, al uso de cubiertas con índices de carga insuficientes, o al uso de ruedas gemelas con cubiertas de distinto diámetro.



Rotura localizada de la lona de la carcasa

11.- Desgaste circular en el flanco.

Consecuencia de un bajo inflado o circular sin aire, puede producirse un rodaje del flanco en contacto con el suelo, al haberse producido un aplastamiento anormal de la carcasa.



Desgaste circular en el flanco

12.- Rotura circular de la carcasa.

La rotura circular característica del flanco por roce con el suelo, puede ser debida a un rodaje sin aire o con bajo inflado, sobrecarga, carga mal ubicada o a un gemelado de neumáticos diferentes. Su característica principal radica en la forma circular alrededor del neumático.

Si el motivo de la fatiga es debido a un exceso de carga o presión insuficiente, podría apreciarse un estado inicial de oscurecimiento en los flancos, para a continuación producirse el arrugamiento en el interior conforme los cables y caucho se van separando, hasta que por el

rodaje puedan incluso verse los hilos de la carcasa y la parte exterior presente la zona circular de la que hablamos anteriormente, que terminará por afectar a toda la estructura del flanco y en el peor de los casos provocará la separación de la banda de rodamiento y flanco.



Rotura circular de la carcasa

13.- Jaspeaduras en la zona interior.

Proviene de una importante flexión de los flancos, como consecuencia de un rodaje con aplastamiento anormal de la carcasa, debido a una circulación sin aire o bajo inflado.



Jaspeaduras

14.- Dislocación de la carcasa.

En el caso de que el neumático ruede con una presión de inflado insuficiente, se producen flexiones exageradas de la cubierta que provoca un calentamiento excesivo. Este calentamiento puede llegar a provocar deterioros interiores, como las jaspeaduras de las que hablamos anteriormente y pliegues que pueden provocar la dislocación total de la carcasa



Dislocación

15.- Rotura de la carcasa por choque.

Se trata de una rotura interior, como consecuencia de un choque por pellizco en el que el flanco queda aprisionado entre la pestaña de la llanta y un obstáculo. Exteriormente se manifiesta por una rotura o deformación.



Rotura por choque

2.10.4. Deterioro del talón

1.- Rotura del aro

Esta anomalía se produce por la rotura del aro con desgarramiento radial del talón hacia el flanco, debido a una presión excesiva en el inflado, a daños provocados en el montaje o desmontaje o a que los diámetros de la llanta y cubierta no coinciden.

Los neumáticos actuales se montan sobre llantas de seguridad, que disponen de unos rebordes en el perfil circular de la llanta, conocidos como “*humps*”. Estos rebordes dificultan que se salgan los talones de los asientos de la llanta si se circula con una baja presión de inflado. Puede ocurrir que al montarse el neumático y proceder a su inflado, el talón no quede ajustado y al aumentar la presión pueda producirse la rotura de los hilos del aro del talón.



Rotura del aro

2.- Deterioro por posición inadecuada.

Si el talón no está correctamente acoplado al perfil de la llanta, se producirán desgastes, fatiga del neumático y problemas de estanqueidad. Las causas probables pueden deberse a que la llanta no es la adecuada para las dimensiones del neumático, a que no se haya respetado el protocolo de montaje, o que incluso la llanta se encuentre en mal estado.



Posiciones inadecuadas

3.- Deterioro en el talón.

Se trata de la rotura de la goma del talón que puede alcanzar la lona de la carcasa, debido a un mal estado de la llanta, a daños en el transporte o en el montaje del neumático.



Deterioro del talón

4.- Deterioro en la zona de apoyo.

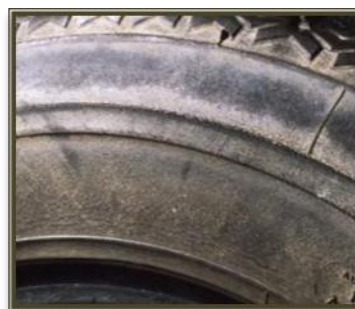
Una tensión excesiva en la unión entre la cubierta y la llanta puede provocar el desgaste de la goma del talón, una rotura de la carcasa, o el desenrollado de la misma alrededor del aro, debido principalmente a una sobrecarga, bajo inflado o montaje incorrecto.



Deterioro en la zona de apoyo

2.10.5. Neumáticos envejecidos

El envejecimiento del neumático, que es el resultado de diversos procesos físicos y químicos, depende básicamente de las condiciones de almacenamiento y también de las condiciones de uso, influyendo la climatología, el lugar de aparcamiento habitual, su utilización en zonas agresivas, la calidad del aire de llenado y el rodaje en bajo inflado o sobrecarga. Se manifiesta normalmente por la aparición de grietas en el flanco o en los surcos de la escultura de la banda de rodadura.



Envejecimiento

2.10.6. Descripción de daños del neumático como consecuencia de un accidente

1. *Hendidura pequeña.* Es una apertura inferior a 1 cm. de diámetro y con forma irregular. Se incluyen los pinchazos con clavos o piezas de metal y similares.



Hendidura pequeña

2. *Corte*. Es una abertura con bordes uniformes y suaves y con la posibilidad de extremos del cordaje deshilachados.



Corte

Generalmente, no hay material desprendido y hay dos clases diferentes:

- a) Corte hecho mediante hojas de metal cortante u otros materiales, como el vidrio. Más señalado en el exterior que en el interior del neumático, de aquí que a menudo sea superficial. Muestra el interior o bordes, pero raramente con separación de pliegues o lonas. Puede tener cualquier dirección y ser largo o corto.
- b) Reventón o rotura de cordaje en diagonal. Más prominente en el interior que en el exterior. Las lonas están siempre penetradas y a menudo, existe separación de capas, pero raramente muestra el interior. Suelen aparecer como un par de cortes cruzados o formando ángulo en forma de T o X. Se produce de repente en la banda de rodadura o en el flanco por una presión externa localizada (mordisco de neumático).

3. *Desgarro*. Apertura con bordes irregulares. A menudo muestran los cordajes revueltos y con finales deshilachados. Con pequeña pérdida o no de material. Superficies irregulares y sin estrías. Generalmente presentan forma variable.



Desgarro

4. *Laceración.* Aperturas rasgadas, áreas con jirones y abrasiones internas. Alguna capa o lona separada y generalmente, cordajes sueltos y deshilachados.



Laceración

5. *Desgaste.* Pérdida progresiva de material de la banda de rodadura sobre un área extensa, sin estrías ni abrasiones. Superficie lisa.



Desgaste

6. *Abrasión.* Áreas de superficie con estrías y otros signos de fricción o raspado. Puede estar muy áspero o sólo erosionado. Puede hallarse en la parte interior o exterior. Frecuentemente se hallan próximas a las del talón de llanta.



Abrasión

7. *Quemadura.* Presenta signos de calor o carbonización, decoloración de la goma, endurecimiento o atiesado de las fibras del cordaje, ampollas en la superficie. Hay cuatro clases de quemaduras:

- a) Gran quemadura, de modo que el material del neumático ha sido consumido completamente. En casos extremos lo único que queda es el anillo metálico del talón.
- b) Raspaduras o ampollas superficiales, la parte externa del neumático ha sido afectada por fuego adyacente o bien, por llamas no directas.
- c) Carbonización de la goma o del cordaje, por la flexión a que se somete el neumático tras el desinflado o cuando la banda se ha desprendido.

- d) Fricción de la banda de rodadura de modo tan intenso que eleva la temperatura hasta el punto que la goma cambia de tono.



Gran quemadura

8. *Separación de la superficie.* La banda de rodadura (difícilmente los flancos) puede separarse del cuerpo del neumático. En ocasiones, la superficie del material forma una burbuja o elevación y el material se desprende. Las superficies separadas pueden presentar dos diferentes características:



Separación de la superficie

- a) Suave desgaste generado por el raspado o fricción entre capas después de la inicial separación y, en ocasiones, debido a la exposición o rozamiento de la capa inferior tras el desprendimiento de la superior.
- b) Cordaje al descubierto.

9. *Separación de capas.* Separación entre capas o pliegues o más de 6 mm. del borde. Puede o no estar acompañada de separación total de superficie.



Separación de la superficie

10. *Raspadura.* Signo de que algún objeto ha presionado contra la goma mientras el vehículo avanzaba. Puede haber una ligera introducción, una abrasión o arañazos.

11. *Solapa o aleta*. Un trozo de material de superficie no del todo desprendido puede revelar una anomalía importante. Puede acompañarse con un pequeño agujero, un corte, desgarró o separación de superficie. No es la separación de capas.

12. *Talón roto*. Un signo de que uno o más anillos metálicos están rotos o al menos torcidos; pueden estar a la vista o no.



Talón roto más corte y deformación axial de la llanta

13. *Otras anomalías* pueden no estar incluidas en las anteriores categorías. En tal caso, se debe describir separadamente. Por ejemplo: daños en las cámaras, parches o reparaciones, reparación completa de la banda de rodadura, etc.

A veces la distinción entre las distintas categorías no es siempre clara, por ejemplo, puede haber dificultad para distinguir entre desgarró y laceración o abrasión. En este caso, pueden señalarse dos o más categorías.

A menudo, desgarró y reparaciones se encuentran unidos y acompañados de abrasiones. De otra parte, una anomalía no está descrita siempre correctamente con una simple clasificación y puede reseñarse en dos o más categorías.

La profundidad de la anomalía puede describirse suficientemente con una de las tres subdivisiones:

- a) Superficial: No quedan expuestos los aros o anillos del cordaje. Puede ser bastante profundo desde la banda de rodadura (que es gruesa) o muy ligero donde los flancos tienen la goma delgada.
- b) Penetrante: expone pliegues o capas y aros metálicos.
- c) Muy profundo, que se extiende desde la parte externa a la interior. Si no es claramente visible, puede denotarse introduciendo un profundímetro para comprobar su alcance.

El emplazamiento de la anomalía en el neumático puede ser descrito por una de las cuatro características siguientes:

1. Circunstancial o longitudinal. La dimensión larga de la anomalía es paralela generalmente a la banda de rodadura o al borde. El ángulo entre la dimensión longitudinal y el borde de la banda es menor de 20°.
2. Transversal o radial. La dimensión longitudinal está generalmente a lo largo de la banda de rodadura o del flanco. El ángulo con el borde es mayor de 70°.
3. Oblicuo. La dimensión longitudinal no es ni transversal ni circunferencial.
4. No direccional. El ancho y el largo de la anomalía son de la misma entidad.

La forma de la anomalía puede ser descrita mediante las letras mayúsculas que sean similares a su configuración:

- O. Redondo o irregular de forma, sin ramas y claramente no direccional.
- I. Largo y estrecho sin ramas y claramente direccional.
- L. Dos ramas formando un ángulo obtuso (mayor que un recto).
- V. Dos ramas formando un acutángulo.
- T. Tres ramas, una formando ángulo recto con las otras dos.
- Y. Tres ramas con iguales ángulos aproximadamente entre ellas.
- X. Cuatro ramas.
- U. Rotura curva con los finales juntos.
- C. Rotura curva con los finales separados.

La localización de la anomalía debe ser especificada según se halle en la banda, en el flanco, en el talón o en la cima. Si la anomalía se encuentra en más de una parte, hay que anotar cada una de ellas. Indique si es en la parte interior o exterior o en ambas.

La medida de la anomalía se da tanto a lo largo como a lo ancho en milímetros.

El descubrimiento y descripción de anomalías es una simple tarea de búsqueda, observación y clasificación, pero decidir qué indican las anomalías, requiere un razonamiento acerca del comportamiento del neumático y del vehículo.

Además de las anomalías descritas, cualquier otra circunstancia debe ser considerada y registrada, como el hecho que una rueda esté torcida de tal manera que alabeo al rotar o que los tornillos de las ruedas o los alojamientos de los mismos estén dañados. Algunos desperfectos de las ruedas no pueden ser catalogados en las categorías anteriores por lo que se deberá describir las circunstancias separadamente y del modo más explícito posible. Por ejemplo, ribetes perdidos o fracturados, válvula dañada, corrosión, etc.

Algunas anomalías se desarrollan rápidamente y otras lentamente. El carácter de la anomalía usualmente indica el *ritmo del inicio*. Hay cinco categorías generales:

- a) *Graduales*. Se desarrollan en días, semanas, incluso meses. El neumático puede haber rodado muchos kilómetros durante el desarrollo, como el desgaste extremado o irregular de la banda de rodadura.
- b) *Lentas*. Se desarrollan en horas. Las separaciones de capas o erosiones en la llanta cuando un neumático rueda muy deshinchado muchos kms.
- c) *Rápidas*. Se produce en minutos. Una quemadura por fuego exterior requiere un minuto o dos para producir la anomalía resultante.
- d) *Súbitas*. Se desarrollan en segundos, por ejemplo, abrasión o roce del neumático o llanta con la carretera, pinchazos debidos a un objeto punzante, etc.
- e) *Instantáneas*. En fracciones de segundo. La mayoría de los pinchazos, cortes, reventones y golpes de llanta son instantáneos.

El *ritmo de comienzo* de la anomalía no debe confundirse con el *ritmo de la pérdida de aire del neumático*. Por ejemplo, un pequeño pinchazo puede desarrollarse súbitamente, pero el aire puede ir saliendo de modo progresivo a lo largo de horas antes de notarse con evidencia. De otra parte, una deficiencia en el neumático debida a urja presión baja dura días en aparecer pero, la pérdida de aire en la situación final puede llegar a ser instantánea.

El *ritmo de pérdida de aire*, es decir, el tiempo requerido para que el neumático llegue a estar desinflado, depende de la medida del agujero a través de la cual el aire escapa y el tiempo durante el cual persiste la apertura. Puede describirse en cuatro categorías:

- a) *Sin pérdida alguna de aire*, como las anormalidades superficiales.
- b) *Pequeño escape* que resulta de agujeros pequeños, válvulas que funcionan mal o bien un parche colocado deficientemente. El aire escapa sin ruido.
- c) *Pérdida rápida*, que sucede cuando se trata de un agujero de notoria extensión.
- d) Ocurre una leve *explosión* cuando se produce un agujero en el neumático o entre la llanta y el neumático que permite incluso introducir un dedo. Cortes, ampollas o reventones pueden ocasionar agujeros notables. A veces un agujero pequeño progresa tan rápidamente que llega a producir una explosión porque la presión del aire durante la marcha del vehículo puede producir anormalidades tales como separación de pliegues o capas o incluso abrasión de la banda de rodadura.

La naturaleza de una anormalidad puede indicar que un *contacto* inusual del neumático o llanta puede haber tenido lugar con otras superficies u objetos. El daño en el neumático por contacto puede haber sobrevenido por tres fuentes principales:

- a) La *superficie de la carretera* ocasiona desgastes y a veces deformaciones irregulares. Pavimentos muy abrasivos pueden marcar o raer el neumático si el mismo desliza. Normalmente, los firmes hieren la goma del neumático que desliza, observándose en el punto una decoloración, pudiendo incluso dejar a la vista el cordaje.
- b) *Otras partes del vehículo* pueden cortar, pinchar, reventar, incluso quemar el neumático en una colisión o provocar erosiones. El examen detenido del vehículo nos puede mostrar la parte que ha rozado o golpeado al neumático.
- c) *Objetos externos* de muy diversas clases, incluyendo partes de otros vehículos pueden dejar su marca en el neumático en una colisión. Dichas marcas se encuentran, generalmente, en la parte externa del neumático. Un objeto externo que comúnmente ocasiona daños es el borde de la acera que erosiona el flanco o incluso deforma la llanta. Clavos, vidrios rotos, objetos puntiagudos, tornillos, etc., pueden cortar y pinchar el neumático mientras el coche circula. La anormalidad en estos supuestos suele ser pequeña y localizada en la banda de rodadura.

Cuando un neumático golpea una esquina, un bache, un borde de acera, etc., puede doblarse hacia dentro tanto y tan violentamente que se puede fracturar o reventar, realizando un corte o rasgadura limpia del cordaje en una dirección. . La ruptura es generalmente completa, pero puede aparecer sólo en la parte interna en forma I o X. Por fuera el desgarró puede aparecer en la banda de rodadura o en el flanco, pero no en el hombro del neumático.

Las anormalidades nos pueden indicar que hacía la rueda cuando se produjo el desperfecto en el neumático o en la llanta.

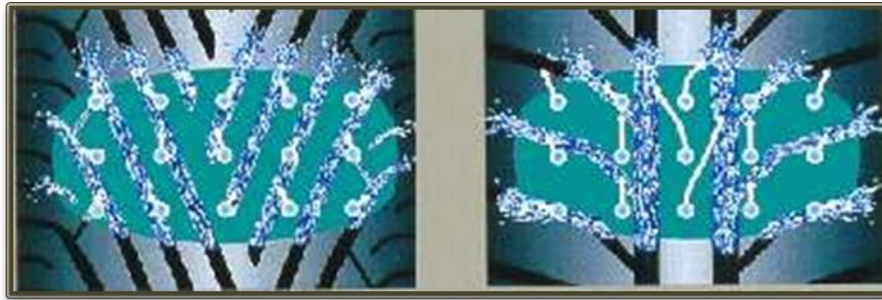
- a) Se puede deducir que la rueda estaba bloqueada, cuando exista una abrasión localizada sobre la banda de rodamiento.
- b) Si las ruedas rodaban se encontrará la abrasión o desgaste liso extendidos alrededor de la pestaña a talón de la llanta.

- c) Si las ruedas han derrapado lateralmente se observarán estrías en los flancos y en ocasiones, en las bandas de rodamiento. Una fuerte abrasión lateral unida a las del talón de la llanta indican un derrape violento puesto que un neumático no puede en condiciones normales ser tan flexible como para permitir el contacto de la llanta con el suelo sin un fuerte desplazamiento lateral.

El propósito principal en el estudio de los neumáticos y ruedas tras un accidente, es formarse una opinión de cómo una anomalía puede ayudar a obtener conclusiones acerca del accidente y determinar si una condición del neumático o rueda ha sido un factor determinante del accidente, o si el accidente fue la causa de la condición del neumático o rueda.

2.10.7. Aquaplaning

Bajo la lluvia los neumáticos deben desalojar el agua que encuentran en su camino, de forma que se consiga el mejor contacto posible entre el neumático y el suelo (adherencia). Por ello, el diseño de la banda de rodamiento está proyectado para romper la película de agua del terreno y evacuarla por los surcos del dibujo.



Desalojo del agua por las acanaladuras del neumático

Conforme aumenta la intensidad de lluvia o la velocidad de desplazamiento del vehículo el caudal de agua a evacuar también lo hace. Al aumentar la velocidad, la presión dinámica del agua también aumenta. La situación puede llegar a complicarse hasta el punto en que desaparece el contacto entre el neumático y la calzada, cuando la presión del agua en los surcos del dibujo iguala a la que hay en la huella. El neumático no puede desalojar el agua necesaria, resultando imposible controlar el vehículo. Éste es el fenómeno conocido como *aquaplaning*, que origina una falta total de **adherencia** y direccionalidad del vehículo.

El *Aquaplaning* o Hidroplaneado es por tanto una pérdida progresiva del contacto con el suelo por la formación de una capa de agua (altura del agua > 0'5 mm.) entre el neumático y el suelo por la velocidad del vehículo. Bajo el efecto de la velocidad de desplazamiento del neumático, la presión del agua situada ante él aumenta y va levantando el neumático progresivamente. Al aumentar la velocidad, la cuña de agua aumenta también debajo del neumático y acaba por despegarlo totalmente del suelo (Michelin 2002)

El riesgo de producirse el *aquaplaning* aumenta conforme:

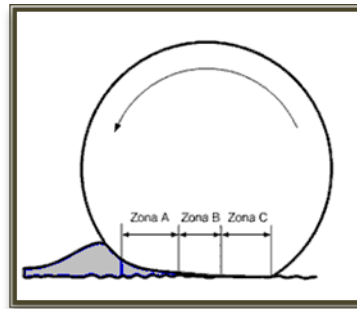
- Mayor es la *velocidad* del vehículo.
- Mayor es la *profundidad de la capa de agua* acumulada en la calzada.
- Menor es la *presión de inflado*.
- Menor es la *profundidad del dibujo* del neumático.

Cuando la profundidad del agua es mayor de 5 cm., se produce la excepción, pues entonces puede ocurrir que en lugar de hidroplanear, avance hundiéndose en el charco, siendo frenado por la reacción de la fricción del agua con los neumáticos.

Diversas combinaciones de los factores anteriores, pueden producir este fenómeno a velocidades en torno a los 80 km/h. Es necesario resaltar que un neumático con una profundidad de surco de 1,6 mm., únicamente es capaz de expulsar un 15% de agua en comparación con uno nuevo.

Los valores del *coeficiente de rozamiento* pasan de valores normales con pavimentos secos a valores muy bajos con pavimentos con presencia de capa de agua (por ejemplo, de 0'5 a valores tan bajos como 0'08). Para tener una idea aproximada de la influencia de los dibujos en la banda de rodamiento diremos que una cubierta con dibujo ofrece un coeficiente de fricción de aproximadamente 0'7 para terreno seco y 0'4 para terreno húmedo, mientras que una cubierta lisa ofrece unos coeficientes de 0'9 para terreno seco y 0'1 para terreno húmedo.

Es posible distinguir tres zonas distintas en el proceso de circulación sobre agua, caracterizadas por la cantidad que se logra evacuar:



Proceso de evacuación del agua

Zona A. Se encuentra en el frontal de la huella, el neumático acaba de entrar en contacto con el agua y por ello el volumen evacuado es reducido. No se produce contacto alguno entre el neumático y la calzada, por lo que la **adherencia** es prácticamente nula.

Zona B. El espesor de la película de agua se ha reducido lo suficiente como para que exista un leve contacto entre el neumático y la calzada. Se genera fricción, pero muy lejos de los valores que proporcionaría un contacto sobre asfalto seco.

Zona C. Si la capacidad de evacuación de agua es suficiente, en ésta se logrará un contacto franco, proporcionando un agarre cercano al que se daría sobre asfalto seco.

La consecuencia es que el área sobre la que efectivamente se genera **adherencia** es mucho más reducida en mojado que en seco, por lo que el agarre es más reducido. Únicamente en la parte trasera de la huella participan los dos mecanismos principales de generación de fricción (adhesión e histéresis). En la región intermedia apenas hay contacto directo entre superficies, por lo que sólo la histéresis puede proporcionar algo de adherencia.

Un neumático "blando" (nuevo), con una elevada histéresis, presenta por tanto ventajas también en el agarre sobre suelo mojado. Además, por causa del agua, hay un coeficiente de fricción menor y una mayor refrigeración (menor temperatura). La proporción de huella ocupada por cada una de las tres regiones descritas depende de factores como:

- El *espesor de la película de agua* presente en la calzada.

- La *forma y profundidad de dibujo de la banda de rodadura*.
- La *presión de inflado*.
- La *velocidad* a la que se circule.

A mayor velocidad, menor es el tiempo disponible para acelerar y desplazar el agua hacia los laterales y, por tanto, mayor la superficie que "flota" sobre el agua y menor la que efectivamente proporciona agarre. Si la velocidad es excesiva y el neumático es incapaz de evacuar la suficiente cantidad de agua como para que se llegue a producir contacto con el suelo, toda la huella se encontrará cubierta por una película de agua, y el neumático ofrecerá una direccionalidad y capacidad de tracción prácticamente nulas. Es el "*aquaplaning*".

A mayor *anchura del neumático*, mayor será su tendencia a sufrir *aquaplaning*. Al ser la huella más ancha, la distancia que debe recorrer el agua hasta ser expulsada por los laterales también es mayor. Asimismo, con suelo encharcado la relación peso/superficie de contacto del neumático es menor, lo que sumado a la fuerza ascensional producida al entrar en un charco dará lugar a las condiciones ideales para sufrir un *aquaplaning*.

Existen dibujos de neumáticos diseñados específicamente para circular sobre mojado, pero desgraciadamente no existe el neumático ideal para rodar en todo tipo de condiciones pues los fabricantes deben hallar una solución de compromiso entre el confort de marcha, el ruido de rodadura y el comportamiento en seco.

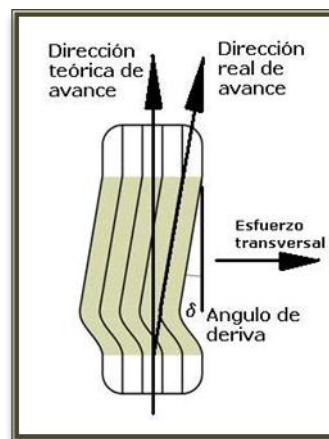


Efectos de drenaje de un neumático, siendo insuficiente en la fotografía de la derecha

El estado de la amortiguación en general debe ser perfecto, pues es fácil comprender que la flotabilidad y la fuerza ascensional producida por el *aquaplaning* se ven favorecidas por unos amortiguadores excesivamente blandos y sin capacidad de absorber los movimientos oscilatorios de la suspensión. Con un amortiguador desgastado, el Aquaplaning se produce a una velocidad un 10% menor (Revista Tráfico núm. 140)

2.10.8. Deriva

Se llama deriva de un neumático sometido a un empuje lateral a la variación de trayectoria registrada en el rodaje como consecuencia de una deformación de la cubierta.



Deriva de un neumático

Una rueda en reposo sometida a una fuerza lateral ve como su zona de contacto se desplaza con relación al resto de la rueda que no está en contacto con el suelo. Si la rueda empieza a rodar hay una ligera variación de trayectoria que obliga al conductor a desplazar ligeramente el volante para continuar la línea recta cuando la fuerza cese; si se va a gran velocidad las ruedas continúan giradas. Esto no sólo ocurre con el viento lateral, también al tomar una curva a velocidad considerable.

La influencia de la deriva en la estabilidad del vehículo es importante, si consideramos la estabilidad como la capacidad del vehículo para mantenerse en la trayectoria mandada por el conductor a pesar de las fuerzas externas.

La deriva depende de: la fuerza lateral, centrífuga, la presión del inflado (a mayor presión menor deriva), la carga, la velocidad, la estructura de la cubierta y la anchura de la llanta.

Cuando un vehículo presenta mayor deriva en el eje delantero que en el trasero se dice que subvira (de tracción delantera), en cambio sobrevira cuando es mayor la deriva en el eje trasero, en este caso el vehículo es más inestable (tracción trasera).

2.10.9. Llantas

2.10.9.1. Deformaciones de la llanta

En caso de colisión, una rueda inflada absorberá gran cantidad de energía, afectando los daños tanto a la cubierta como a la llanta, pero si la rueda se encuentra desinflada, lo sufrirá con mayor intensidad la llanta.

Habitualmente los elementos de la llanta que presentarán los daños, son las pestañas, en las que se podrá observar la desviación lateral o hundimiento y advertir así al investigador del sentido de las fuerzas de impacto que han contribuido a la deformación de la llanta.

Las abrasiones existentes generalmente en las pestañas podrán indicarnos el movimiento que ha sufrido el vehículo. Estas abrasiones en la llanta suelen ir acompañadas de abrasiones en el propio neumático, pero si sólo se han localizado en la llanta, es posible que el neumático haya sufrido un desllante previo.

El investigador deberá anotar las deformaciones que haya podido observar en la llanta, indicando si se encuentran en la parte interna o externa de la rueda.

Medida de la cuerda: se efectuará la medida en la amplitud del daño, el resultado será la cuerda de la circunferencia de la llanta.

Hundimiento máximo: mayor desplazamiento radial debido a la deformación.

Deformación axial: se trata del mayor desplazamiento del conjunto de la pestaña y en su caso del asiento del talón de la llanta en sentido lateral.

Abrasiones: Pueden ser estriadas, radiales, transversales u oblicuas.



Desllantado y abrasiones en la llanta

3. EXAMEN INTERIOR

3.1. INTRODUCCIÓN

A la hora de realizar el examen del interior del vehículo siniestrado, se evalúa fundamentalmente el estado en el que se encuentran los elementos de seguridad pasiva, cuyas misiones principales son: preservar un espacio de supervivencia en el habitáculo, para lo cual la estructura del vehículo debe deformarse adecuadamente, retener a los ocupantes para evitar salir despedidos, mediante el estado eficaz de los asientos y sus anclajes, reposacabezas, cinturones de seguridad y airbag, y minimizar las lesiones con el propio habitáculo, absorbiendo esta la energía sin crear aristas o formas cortantes o punzantes.



Habitáculo de un vehículo accidentado

Este examen minucioso, permitirá conocer el estado en el que se encontraban los asientos ocupados tanto por adultos como por niños (SRI), el estado de los reposacabezas y las posibles deformaciones que por la intensidad del impacto se hayan producido en ellos; conocer el funcionamiento del cinturón de seguridad, el sistema de airbag y su interacción con los ocupantes; evaluar los daños que se hayan podido apreciar en salpicadero y volante. Pero también se puede examinar el estado del parabrisas, lunetas y cristales laterales, así como la intrusión de puertas, manillas, o elementos del compartimento del motor, y nos permitirá detectar los puntos de contacto de los ocupantes con el habitáculo.

3.2. EXAMEN DE LOS ASIENTOS

En todo accidente de circulación, es necesario comprobar el interior del vehículo y especialmente el estado en el que se encuentran los asientos utilizados por los ocupantes que viajaban en el vehículo. Si consideramos que en las colisiones frontales o laterales sólo contribuyen a la retención, es especialmente en las colisiones por alcance donde el asiento (junto con el respaldo y reposacabezas) se convierte en un completo sistema de retención, pues de la adecuada colocación podremos estar hablando de lesiones cervicales menos severas.

Los fabricantes de automóviles tratan de comprender el alcance que las fuerzas que se desarrollan en un accidente pueden llegar a afectar según el diseño del asiento, en especial para que éstos puedan llegar a prevenir las tan numerosas lesiones cervicales que suelen producirse en accidentes por alcance. Se ha estudiado, por ejemplo, el efecto que la rigidez y acolchado del respaldo tiene en la respuesta cinemática de los ocupantes, pues en respaldos rígidos existe una mayor aceleración en el pecho, que expone al ocupante a un riesgo de lesión en el cuello, y que incluso el propio diseño del asiento (incluido el reposacabezas) puede representar un elemento de mayor protección, de tal manera que se consiga un reparto uniforme de las fuerzas. Existen dos opiniones sobre la resistencia que deben ofrecer los respaldos en las colisiones por alcance. La primera de ellas sostiene que los respaldos deben

absorber la energía y permitir al pasajero cambiar su velocidad en una distancia mayor; se consigue con ello reducir las fuerzas que soportaría el ocupante. La segunda defiende que los respaldos tienen que ser muy rígidos ya que en los impactos por alcance de cierta entidad, la deformación del respaldo no conseguiría sino provocar una pérdida de contención del ocupante, por lo que en principio, los rígidos podrían ser algo beneficiosos frente a colisiones severas,

3.2.1. Intensidad de la colisión por alcance

A la hora de diseñarse el asiento, deberá valorarse la distribución de las lesiones tanto en alcances graves como en alcances a baja velocidad, mucho más frecuentes, pues debe tenerse presente que no todas las mejoras alcanzadas en materia de seguridad pasiva en accidentes graves tienen su correspondencia en alcances a pequeña velocidad que se ocasionan en los cascos urbanos, ya que el mayor número de lesiones cervicales se produce a esta velocidad. En particular, en un accidente grave un asiento rígido tendrá un efecto favorable en la retención, pero en alcances menos graves, estos asientos absorberán menor energía y aumentarán las fuerzas de aceleración del pasajero, con consecuencias más perjudiciales.

3.2.2. Absorción de energía y diseño

Cuando se produce un alcance, un asiento rígido que no absorbe casi energía, se carga con la fuerza del cuerpo del pasajero, produciéndose el rebote con el consiguiente empuje del tramo hacia delante, a la vez que se inicia el giro de la cabeza hacia atrás, produciéndose un incremento de la velocidad relativa entre el tronco y la cabeza, dando como consecuencia el latigazo cervical. Sin embargo, estudios realizados han demostrado que en asientos deformables o colapsables, se reduce el riesgo de lesión del cuello, salvo en alcances severos, donde la deformación del asiento puede provocar una inclinación excesiva del respaldo.

No obstante, los estudios revelan que las lesiones más frecuentes son las producidas por el torso en su contacto con el volante y del cuello o cabeza del pasajero con el asiento o reposacabezas, lo que parece señalar que son el rebote y la interacción con el respaldo, las causas de las lesiones más importantes, y no la falta de retención del pasajero. Por ello, el diseño de los asientos podría mejorar significativamente este tipo de lesiones en colisiones por alcance, eliminando el movimiento de extensión de las cervicales, empleando acolchados adecuados, e instalando reposacabezas automáticos y activos.

La función principal de los reposacabezas es la de prevenir las lesiones cervicales en caso de accidente. Aunque las lesiones en el cuello no suelen representar un riesgo serio para la vida, salvo en caso de accidentes violentos, se trata de lesiones que pueden tardar en curar.

3.2.3. Sistemas de retención infantil (SRI)

El Reglamento General de Circulación, en su artículo 117.2 (modificado por el Real Decreto 965/2006 de 1 de septiembre), regula *la utilización de los cinturones de seguridad y otros sistemas de retención homologados en función de la talla y edad*.

Todavía hoy día pueden verse niños pequeños en brazos de adultos. En caso de frenada brusca el hecho de sujetar al bebé viene a representar que desde la calle podamos agarrar con facilidad una caja de doce litros que nos arrojen desde un quinto piso.

El conductor debe usar el dispositivo homologado que pertenezca al grupo de edad adecuado a las características del niño:

- GRUPO 0: de 0 a 9 meses y hasta 10 kilos de peso. Sillita-cesta acolchada situada en sentido inverso a la marcha, preferiblemente en el asiento trasero, nunca en el delantero si está dotado de airbag de pasajero. La razón de colocarlo en sentido inverso a la marcha es que en caso de accidente la fuerza de impacto se reparte uniformemente por todo el cuerpo.

Dentro de este grupo se encuentra el 0+ que alcanza hasta los 18 meses de edad y 13 kilos de peso.

- GRUPO I: de 9 meses a 3 años y de 9 a 18 kilos. Es una silla acolchada que se puede colocar en el asiento delantero o trasero y en este último, tanto en sentido de la marcha como a la inversa.

- GRUPO II: de 3 a 6 años y de 15 a 25 kilos. Es un cojín elevador que permite el uso del cinturón de seguridad del vehículo, evitando en caso de colisión el efecto submarino. Algunos llevan respaldos y protecciones laterales.

- GRUPO III: de 6 a 12 años y de 22 a 36 kilos. Se trata de un cojín de dimensiones menores al del grupo II y su uso es similar.

3.2.4. Investigación

Después del accidente, el investigador deberá comprobar si el asiento se encuentra correctamente anclado, midiendo la inclinación de la posición final en la que quedó el respaldo. Igualmente deberá comprobar la deformación sufrida por el conjunto del asiento y si ha sufrido torsiones, aplastamientos o desplazamientos anómalos.



Estado de los asientos después de un accidente

Si el vehículo dispone de SRI, deberá comprobar si se encuentra correctamente instalado o si ha sufrido modificaciones como consecuencia del accidente, por lo que tendrá especial cuidado en analizar sus anclajes, especialmente si el niño ha sufrido lesiones, pues algunas pueden ser debidas a una mala instalación.

- Así mismo deberá examinar los siguientes elementos: Que la silla cumple con las especificaciones de homologación según normativa europea ECE R-44/03 o ECE R-44/04. Con la etiqueta de homologación (de color naranja, haciendo referencia a la categoría del sistema, grupo de peso, distintivo de homologación -E + número- y número de identificación de la homologación).
- Orientación del sistema y ubicación.
- Correcta colocación de la hebilla del cinturón de seguridad en la hebilla de anclaje.
- Comprobación del mecanismo de bloqueo del cinturón de seguridad.
- Instalación: recorrido y tensión de los cinturones de seguridad.
- Examen general de la estructura de la silla, para detectar daños.

3.3. INSPECCIÓN DE CINTURONES DE SEGURIDAD

3.3.1. Generalidades

La principal función de los mecanismos de retención instalados en el vehículo, es la de evitar que los pasajeros, en el desplazamiento sufrido en una colisión, se golpeen contra los elementos fijos del interior del vehículo (parabrisas, salpicadero, volante, etc.).

Los cinturones de seguridad no deben ser rígidos, y por tanto tendrán una particular capacidad de elongación, que en caso de colisión frontal con un objeto rígido a 50 Km/h, será al menos de un 8% cuando se aplica una carga estática de 1.100 kg (válida para las fuerzas que actúan sobre una persona de 75 kg.), lo que supondrá un movimiento de unos 25 centímetros.

Cuando el pasajero lleva colocado correctamente el cinturón de seguridad en el instante de producirse la colisión, su movimiento provocará esfuerzos en la correa, que podrán o no producir alteraciones en los elementos que componen el sistema de retención; dichas alteraciones serán de mayor entidad a mayor intensidad de colisión y masa del propio pasajero que porta el cinturón.

No siempre se encontrarán las marcas que indiquen la utilización del cinturón de seguridad por parte de los ocupantes, pues en los alcances y posiblemente en las colisiones por embestida, no se apreciarán las alteraciones, mientras que sí aparecerán en la mayoría de las colisiones frontales

3.3.1.1. Breve descripción del sistema

Los cinturones de seguridad pueden ser de los siguientes tipos:

-*Subdominal o pélvico*: la correa tiene dos puntos de anclaje y pasa a la altura de la pelvis del ocupante. Se instala en la parte central de los asientos traseros.

-*Diagonal*: la correa, con dos puntos de anclaje, cruza desde la cadera hasta el hombro opuesto por delante del tórax.

-*De tres puntos de anclaje*: como su nombre indica, tiene tres puntos de anclaje, y resulta de la combinación de los cinturones subdominal y diagonal.

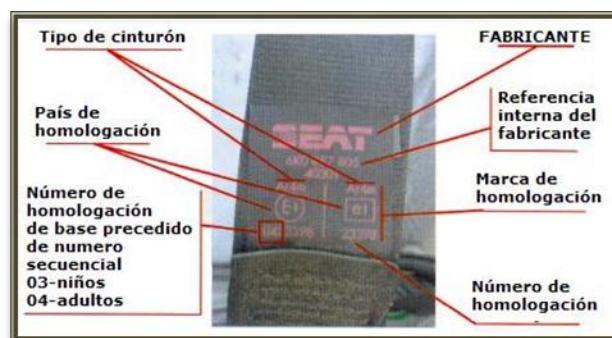
-*De arnés*: con cuatro puntos de anclaje es la combinación de un cinturón subdominal y dos tirantes.



Elementos que forman parte del sistema del cinturón de seguridad (Fuente: CESVIMAP)

-*Correa*: Destinada a sostener al pasajero y a transmitir las fuerzas a las piezas de anclaje. Su diseño permitirá que la presión que se ejerza sobre el cuerpo del usuario sea repartido regularmente en toda su anchura; el tejido será capaz de absorber y disipar las

distintas energías a las que hará frente y estará protegido para evitar que se deshilachen con el uso. Normalmente, la correa, llevará la marca de homologación del cinturón, en el que figurará el nombre del fabricante, el país de homologación, el número de homologación base, el tipo de cinturón y las referencias internas del fabricante. El número de homologación de base está precedido por el número secuencial asignado a la última modificación de importancia, que para cinturones de adultos es el 04 y para los sistemas de retención infantil el 03. En el tipo de cinturón podrán aparecer la letra “A” que indica que es de tres puntos, la letra “B” si se trata de un cinturón subdominal, la letra “S” cuando se trate de un cinturón especial; si además estas letras están precedidas por la letra “Z” significara que el cinturón forma parte de un sistema de retención; los cinturones que posean retractores se indicarán con una letra “r” seguida por el número del tipo de retractor (*r1-retractor sin bloqueo*, *r2-retractor de desbloqueo manual*, *r3-retractor de bloqueo automático*, *r4-retractor de bloqueo de emergencia*); la letra “p” indica que está provisto de un sistema de pretensado.



Homologación de un cinturón de seguridad

-**Hebilla:** Dispositivo de apertura rápida, formada por una anilla guía y una lengüeta. Su diseño está pensado para evitar que pueda ser utilizada de modo incorrecto y para evitar que queda mal enganchada en su cierre.

-**Retardor:** Mecanismo para alojar la correa. Existen distintos tipos según el sistema de bloqueo, el cual estará representado por un código indicado en la marca de homologación.

-**Anclajes:** Son las diversas partes de la estructura del vehículo, asiento o de cualquier otra parte a las que se sujetan los cinturones.

Por otra parte, los cinturones de seguridad con *pretensores* son capaces de retener al ocupante antes de que se inicie su desplazamiento hacia delante en el caso de una colisión, minimizando las posibilidades de impacto contra el volante o salpicadero. Los pretensores tensan las correas para ajustarlas al cuerpo, eliminando las posibles holguras que pudieran existir, por lo que los cinturones comienzan a actuar desde el primer momento de la colisión. Por su sistema de activación pueden ser *mecánicos* o *pirotécnicos* (y éstos a su vez de accionamiento *mecánico* o de accionamiento *eléctrico* -acoplado a la hebilla o al enrollador-).

3.3.2. Protocolo de inspección de los cinturones

3.3.2.1. Correa

Cuando se produce una colisión con el cinturón abrochado, en la correa podrá apreciarse una marca debida a la alta temperatura que soportará la correa en su contacto con la anilla guía. Esta marca se apreciará como una zona irregular de un tono más claro y podrá ir acompañada por una ligera torsión de la correa.

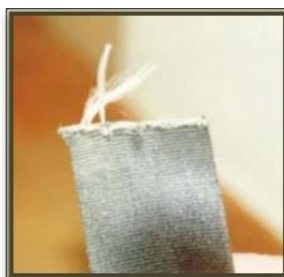
Si el investigador se encuentra la correa rota, es importante determinar si esta rotura se ha producido por sobrecarga, por el contacto de la correa con algún elemento cortante durante la colisión, o si se ha sido realizado con posterioridad a la colisión (equipos de emergencia o personas que socorrieron a las víctimas). Por ello, si es posible, evaluará la posición en la que se encontraba el cinturón en el momento de la colisión, con el objeto de comprobar la ubicación de la zona de rotura del cinturón en relación al ocupante.

Si la rotura de la correa se ha debido a una sobrecarga por tensión, las fibras que conforman el tejido de la correa sufrirán un desgarrar y nunca presentarán una longitud homogénea. Si la rotura se ha debido al contacto con alguna superficie cortante del propio vehículo, la superficie del corte será irregular en la anchura de la correa, debiendo contrastar, por observación de deformaciones, abrasiones o restos de fibras, qué superficie ha producido el corte.



Rotura por tensión

Si la rotura ha sido producida por tijeras o cutter, presentará una apariencia uniforme.



Corte por cutter

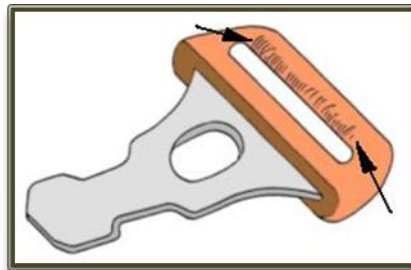
3.3.2.2. Cierre

Deberá comprobarse el sistema de bloqueo del cierre introduciendo la lengüeta de la hebilla hasta que encaje y realizando a continuación diversos movimientos de tracción para comprobar su funcionamiento. En caso de que funcionara anormalmente, la lengüeta se soltaría del cierre. Para comprobar si el sistema de desbloqueo con la hebilla introducida y la correa en tensión funciona correctamente, presionaremos, durante varios intentos, el botón de cierre y observaremos que la hebilla salta fuera del cierre; en el caso de que en algún intento la hebilla no salta, podría decirse que el desbloqueo no funcionaba correctamente.

Aunque los fallos en el sistema de cierre son muy raros es importante inspeccionarlo, pues en algunas ocasiones pueden encontrarse pequeños objetos en su interior que impidan su correcto funcionamiento.

3.3.2.3. Hebilla

Cuando se produce una colisión, la anilla guía presentará unas estrías paralelas producidas por el roce de la correa sometida a la tensión de la colisión, lo que indicará que el cinturón estaba siendo utilizado. En la zona que engancha la lengüeta con el cierre, pueden aparecer unas estrías provocadas por la fuerza que ejerce el cuerpo del ocupante sobre el cinturón.



Hebilla con estrías

3.3.2.4. Retardor

El retardor tiene dos funciones de bloqueo. La primera se activa al sacar la correa con rapidez, por lo que para comprobar su correcto funcionamiento, el investigador deberá darle un fuerte tirón, quedando bloqueado en caso de buen funcionamiento. La segunda función se activa al producirse una deceleración brusca del vehículo. Después de un accidente con el cinturón de seguridad abrochado, si el funcionamiento del retardor es correcto, sería normal encontrar el cinturón suelto por el efecto del bloqueo del retardor.

3.3.2.5. Anclajes

Los puntos de anclaje al pilar y al piso del vehículo pueden presentar algún tipo de deformación, como consecuencia de la tensión ejercida en el momento de la colisión.

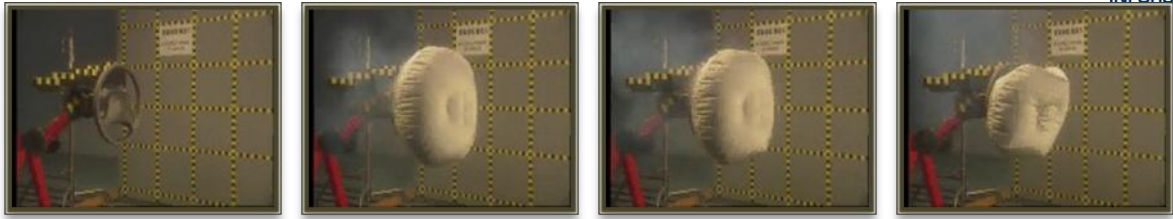
3.4. VEHÍCULOS PROVISTOS DE AIRBAG

La normativa que define las prestaciones mínimas que debe cumplir el airbag del conductor son la europea ECE-R12, y la americana FMVVS-208

3.4.1. El air-bag

El airbag es un complemento de los cinturones de seguridad, así como de la propia estructura del vehículo, constituyendo el conjunto de sistemas de seguridad pasiva que intentarán minimizar las fuerzas y deceleraciones que actúan sobre los ocupantes en un accidente. Aseguran así un espacio vital de supervivencia, que en el caso de la estructura mantendrá el habitáculo con la mayor rigidez posible; los cinturones de seguridad retendrán a los ocupantes en sus asientos, y los airbag ocuparan los espacios libres ante los posibles desplazamientos que puedan sufrir los pasajeros.

El airbag es, básicamente, un colchón de aire que en caso de accidente se hincha rápidamente para interponerse entre el ocupante y la estructura del vehículo, ocupando el espacio existente entre ambos. Los airbag se diseñan en función del espacio de que se trate (conductor, acompañante, lateral, techo) con el fin de evitar o minimizar las lesiones (cabeza y caja torácica) de los ocupantes por deceleraciones y golpes. Está diseñado para que se active únicamente en caso de choque frontal u oblicuo al producirse una fuerte deceleración longitudinal, si bien en caso de accidentes leves o situaciones de conducción extrema, lleva un mecanismo de seguridad para evitar su activación innecesaria.



Secuencia activación airbag frontal

3.4.1.1. Componentes

Aunque existen variantes del sistema en función del fabricante, en la mayoría de los vehículos pueden encontrarse los siguientes elementos:

A) Columna de dirección:

Diseñada para evitar que penetre en el habitáculo, deberá ir reforzada para acomodar el peso extra del módulo airbag, al estar todo el sistema acoplado en la copa del volante.

B) Cubierta protectora:

Es el elemento visible del sistema, señalizado con las palabras AIRBAG o SRS (Supplemental Restraint System). Protege la bolsa de aire y el generador de gas. En caso de activarse el sistema, se produce la fractura de la cubierta por una costura de rotura predeterminada, permitiendo el rápido inflado de la bolsa.



Corte transversal de un airbag

C) Bolsa de aire:

Fabricada en un tejido muy resistente, con una base de nylon exterior (por poseer alta resistencia a la abrasión y propiedades de envejecimiento óptimo), de neopreno interior para ayudar a controlar el flujo y con una capa de silicona contra los gases calientes y llamas en las proximidades del generador. Se encuentra detrás de la cubierta protectora, perfectamente plegada y acoplada al generador de gas. Para evitar los posibles problemas de adherencia de las distintas zonas de la bolsa al producirse el inflado, se impregna de polvos de talco. En la parte posterior lleva unos orificios que tienen la misión de eliminar de forma controlada el gas cuando el cuerpo del conductor ha entrado en contacto con la bolsa.

D) Unidad o carrete de contacto:

También denominado *resorte de bobinado*, *resorte en espiral* o *anillo rozante*, va montado en el interior del volante o incorporado a la columna de dirección asegurando una conexión continua entre el circuito electrónico y la cápsula de ignición del generador de gas.

E) Unidad de control:

La unidad de control es la encargada de controlar el funcionamiento de todo el sistema, teniendo en cuenta las señales recibidas de los respectivos sensores de colisión y en pocos milisegundos es capaz de detectar la intensidad de la colisión y determinar si es preciso activar o no el airbag y resto de sistemas de seguridad pasiva. Contiene dos sensores, uno que detectará la colisión y otro de seguridad; si ambos detectan una deceleración que sobrepase un límite predeterminado, la unidad activará el airbag.

Generalmente se localiza en el túnel central del piso del vehículo, próximo a la consola central (a la altura de la palanca de velocidades) por estar muy próximo al centro de gravedad del vehículo pudiendo detectar con precisión los datos del impacto.

F) Generador de gas:

Es un dispositivo explosivo que contiene un propelente sólido (propergol encerrado en una cámara de combustión sellada en forma de cápsulas. En el centro del generador se encuentra una cápsula de ignición, que en caso de accidente, recibirá una señal eléctrica de la unidad de control, iniciándose su detonación y produciéndose acto seguido la combustión del propergol que generará la cantidad necesaria de nitrógeno para hinchar la bolsa. El gas producido pasará de la cámara de combustión a la bolsa a través de unas rejillas que tienen una doble misión: filtrar las partículas del propelente que no hayan entrado en combustión (evitando el riesgo de incendio al salir a la bolsa) y reducir la temperatura del gas (surge de una violenta explosión) para que resulte inofensivo para los ocupantes del vehículo.

G) Testigo de averías:

Debido a que un funcionamiento anormal del sistema puede producir lesiones a los ocupantes, el sistema cuenta con un testigo luminoso en el cuadro de instrumentos que avisa al conductor de la incidencia en el sistema.

H) Mazos de cables y conectores:

Es un conjunto de cables que conectan los distintos elementos del sistema y en los que no se puede realizar ningún tipo de reparación o modificación. Algunos de los conectores del sistema airbag llevan una protección que cortocircuita los cables que van hacia el generador de gas, al desconectarlos.

3.4.2. **Funcionamiento**

Su principio de funcionamiento se basa en la absorción de la energía cinética de la colisión, mediante la amortiguación realizada por una bolsa llena de gas. El cinturón de seguridad absorberá entre el 60 y 70% de esta energía, mientras que el airbag absorberá el resto. Al desplazarse el ocupante hacia delante y chocar contra la bolsa, le transmite a la misma su energía, al tiempo que esta impide que se mueva y se lesione. El airbag cumple las siguientes funciones principales: evita el impacto contra elementos duros del vehículo, absorbe parte de la energía cinética del ocupante, le protege del impacto de cristales procedentes del parabrisas y disminuye el movimiento de la cabeza y con ello el riesgo de lesiones cervicales.

En colisiones frontales sólo se activará la bolsa frontal cuando se exija mayor grado de protección que el que pueda ofrecer el cinturón de seguridad por sí solo y cuando la línea principal de impacto se encuentre dentro de un ángulo de 30° a ambos lados del eje longitudinal del vehículo. En colisiones de baja intensidad (velocidad inferior a 30 Km/h), sólo se activa el pretensor de cada cinturón de seguridad siendo suficiente la protección que

éste ofrece. Los airbag frontales, en general, no están programados para activarse en el caso de colisiones laterales, colisiones por alcance y en el caso de vuelco.

Existen algunos casos en los que el airbag frontal no se activa necesariamente:

- *Colisiones con giro*. Las colisiones en las que la dirección de impacto es dispersa o el vehículo se mueve durante el golpe, no consigue alcanzar la señal de activación.
- *Colisiones con deformaciones externas localizadas* en una zona del frontal del vehículo, por ejemplo en un choque contra un poste.
- *Colisiones con impacto gradual*, como contra la parte trasera de un camión en la que el vehículo pasa bajo la barra antiempotramiento.
- *Colisiones en las que la masa de la unidad contraria es muy ligera* y la intensidad del choque la mueve con gran facilidad provocando una menor deceleración.

Por ello, debe tenerse presente que un vehículo puede presentar una considerable deformación, sin que ello indique que el airbag debería haberse activado, debido a que el accidente pudo afectar sólo a estructura de poca rigidez de la carrocería y no producirse la deceleración necesaria. Por el contrario puede ocurrir que el sistema se active con deformaciones poco importantes, pero que han afectado a estructuras rígidas como los largueros y se alcanzó la deceleración necesaria.

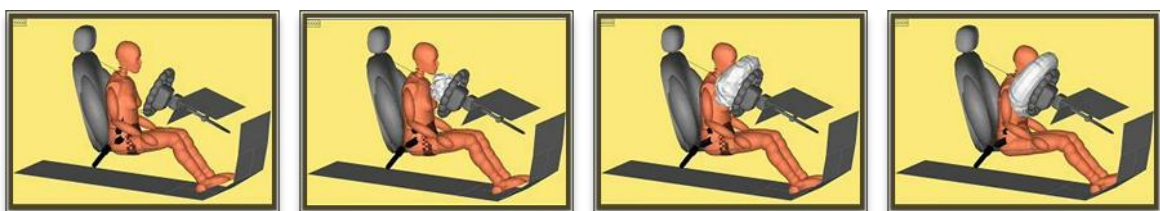
3.4.3. Tipos de airbag más comunes

3.4.3.1. Airbag frontal

La bolsa del conductor, con un volumen que puede oscilar entre 35 y 60 litros, se encuentra plegada en el centro del volante; mientras que la del acompañante, con un volumen de entre 65 y 170 litros, se halla sobre la guantera.

Para evitar que se produzcan daños a los niños, muchos asientos cuentan con sensores de acompañante que impiden la activación del sistema si no se detecta un peso superior a 20 kg, o bien el vehículo dispone de conmutadores para la desconexión.

El despliegue de la bolsa es muy rápido, con picos de velocidad en el extremo de la bolsa comprendidos entre 170 y 340 Km/h.



Secuencia de activación del airbag frontal

Después de la colisión el módulo de control transmite la señal de activación del airbag. Tras 15 milisegundos, la bolsa rompe la cubierta y a los 45 milisegundos se encuentra desplegada completamente. A los 80 milisegundos la cabeza y el tórax son recogidos por la bolsa, que comienza lentamente a expulsar el gas. A los 150 milisegundos, el conductor vuelve a su posición inicial y la bolsa se desinfla totalmente. La bolsa del acompañante, con las mismas cadencias, sufrirá un leve retardo de 5 milisegundos, debido a que existe mayor distancia desde la guantera al ocupante, a la vez que también se reduce la presión dentro del habitáculo.

En el mercado están apareciendo nuevos airbag frontales de dos etapas o de *volumen variable* o *adaptativos*. Disponen de dos generadores de gas y de una bolsa con dos cámaras con costuras programadas en función del impacto, que ceden y hacen su volumen variable, con una unidad de control modificada que distingue la gravedad del choque. Una vez alcanzado un umbral determinado se hinchará hasta alcanzar un volumen de aproximadamente el 70%; si tras unas milésimas de segundo la unidad de control detecta que el grado de deceleración supera un segundo umbral, procederá al llenado completo.

3.4.3.2. Airbag lateral o torácico

La finalidad del airbag lateral es proteger la caja torácica y las caderas, de las consecuencias de una colisión por embestida, o con una fuerte deceleración transversal.

Dependiendo de la ubicación en que se encuentre instalado, emergerá de la puerta por debajo de la ventanilla, o del lateral de asiento. Está formado por el generador de gas y la bolsa de aire, con un volumen comprendido entre 10 y 30 litros, integrados en una carcasa de plástico. Sólo se activaran en caso de impactos laterales y únicamente en el lado de la colisión, ya que estos sistemas se gestionan autónomamente en cada lado e independientemente de los airbag frontales.

Los tiempos de activación de estas bolsas son de aproximadamente 3 milisegundos, pues en un impacto lateral la distancia del ocupante respecto al lateral es mucho menor que en una colisión frontal. Además la activación se producirá en colisiones recibidas lateralmente en las que la línea de la fuerza principal de impacto se encuentre en un ángulo máximo de 60° con respecto al eje transversal del vehículo.

Estos airbags pueden ser gestionados mediante la unidad de control del resto de airbags, por un sensor de colisión propio que sólo se activará si resulta golpeado por una colisión que golpee la puerta con una velocidad aproximada de 18 Km/h o mediante o mediante cajas electrónicas para cada lado del vehículo.

3.4.3.3. Airbag de cabeza

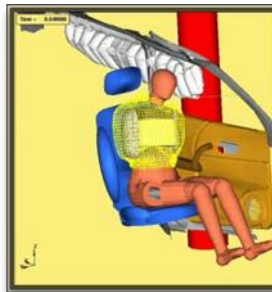
Tubular (ITS): Este tipo de airbag viene a complementar la protección de los airbags laterales, pues con ellos se amplía la protección a la cabeza, pero no tiene la misión de absorber el impacto del elemento que penetra en el habitáculo, sino de reducir la aceleración opuesta que experimentan el tórax y la cabeza del pasajero en el movimiento de reacción, aliviando las cargas laterales que sufre el cuello y la rotación del cráneo.



Airbag de cabeza tubular

Se encuentra bajo el guarnecido del techo, en la línea de los asideros y cubre la diagonal abarcando lateralmente el espacio en el que la cabeza es vulnerable.

Cortinilla inflable: Este tipo reduce el riesgo de lesiones en la cabeza de los ocupantes, evita igualmente el movimiento pendular de la cabeza hacia fuera y reduce los momentos de flexión y fuerzas resultantes sobre la nuca y el cuello, reteniendo a su vez las partículas de vidrio y otros objetos que puedan penetrar en el habitáculo, como consecuencia de una colisión lateral o vuelco.



Airbag de cabeza de cortinilla

3.4.4. Tendencias

Las investigaciones van destinadas a optimizar los módulos de expansión (mediante infladores separados o de abertura pirotécnicamente actuada e incluso mediante bolsas de gas radiales), a desarrollar airbags inteligentes (con sensores que evalúen distintos parámetros volumétricos, térmicos, de proximidad...) y a la ubicación de las bolsas en el vehículo.

El airbag para los rodillas, desde que KIA lo incorporara a uno de sus modelos es una realidad; mientras, otros fabricantes están investigando airbags f incorporados en la parte ventral de los cinturones de seguridad para los ocupantes de las plazas traseras (Renault), así como un airbag para vuelcos, que incorpora un sensor que mide la inclinación horizontal del vehículo (Rollover Protection System) e incluso uno que situado sobre el capó protege a los peatones en caso de atropello (Toyota).

3.4.4.1. Airbag de motocicleta

Desde diciembre de 2006, se comercializa en Europa la motocicleta Honda Goldwing, provista de airbag plegado dentro de un falso depósito colocado entre el asiento y el manillar. Los sensores instalados a cada lado de la horquilla delantera captan el impacto y un módulo central electrónico calcula la deceleración y ordena si es necesario, el inflado de la bolsa. Este proceso transcurre en un tiempo aproximado de 60 milisegundos.



Airbag de motocicleta

3.4.5. Examen del sistema en vehículos accidentados

El ritmo de matriculaciones de vehículos de los últimos años ha elevado considerablemente el parque de turismos que cuentan con sistemas de airbag. No resulta extraño que en el marco de un procedimiento judicial por accidente de circulación se solicite, bien por los propios implicados o sus familiares, o por la autoridad judicial, determinar si debió o no activarse un concreto airbag, bien porque se produjeron lesiones muy graves y el sistema no se activó, o por el contrario, en el supuesto de unas lesiones muy leves o inexistentes pero con inflado de algún airbag, con el consiguiente coste económico que su restauración conlleva.

En el caso de AT en el que se hayan desplegado los airbags, es necesario realizar un minucioso examen de de cada vehículo accidentado, que básicamente consistirá en:

- Identificar los tipos de airbag que tiene el vehículo. Los fabricantes de vehículos informan de los sistemas de airbag que lleva instalado el vehículo por medio de diversas etiquetas, situadas en las cubiertas protectoras.
- Fotografiar si están o no desplegados.
- Comprobar si el del acompañante puede desactivarse mediante un conmutador.
- Revisar si en las cubiertas de los airbags se colocaron adhesivos u otros objetos que pudieron impedir o dificultar el despliegue de la bolsa.
- Fotografiar el exterior del vehículo de forma que permita valorar adecuadamente los desperfectos y determinar la dirección de la fuerza principal de impacto



Vehículo alcanzado en el que no se activa el airbag al tratarse de un alcance

Es importante conocer perfectamente el funcionamiento de los sistemas de airbag, recabando si es necesario, información técnica al fabricante del vehículo, evitando reseñar datos que, de forma precipitada y poco meditada, sugieran fallos de funcionamiento en el sistema. Analizada la documentación de dicho sistema, es preciso estudiar el accidente en su conjunto, realizando una inspección técnico-ocular del vehículo comprendiendo la intensidad y localización de los daños sufridos por el mismo y el estudio del objeto contra el que pudo impactar, para confrontar la forma en que se produjo la interacción entre objeto y vehículo.

3.4.6. Riesgos y medidas de seguridad en la intervención en accidentes



Tareas de rescate en un accidente

No pudiendo descartar el fallo de un sistema que emplea elementos pirotécnicos para su funcionamiento, de que el almacenador de energía puede provocar el disparo del airbag en un tiempo aproximado de 10 ó 15 minutos tras el accidente, unido a la velocidad de inflado de las bolsas de aire (250 km/h), así como a su caducidad (unos 10 años desde la instalación), es del todo posible que haya que realizar un rescate en un vehículo cuyos airbags no estén detonados, haciéndose necesario conocer los riesgos que esto representa para las víctimas y personal de rescate, lo que posibilitará adoptar unas adecuadas medidas de seguridad.

El impacto de un airbag puede ser lesivo para los anteriores, pudiendo provocar fracturas, luxaciones, contusiones o esguinces en el lugar del cuerpo expuesto al impacto. También puede producir rozaduras o abrasiones en la piel, que en los accidentados se localizarán en interior de antebrazos, cara, barbilla..., con motivo del roce violento al desplegarse la bolsa (este dato puede servir de ayuda para identificar la posición de los usuarios en el vehículo).

3.4.6.1. Intervención en accidentes con airbags sin desplegar

Hay un mayor riesgo en la zona del ocupante del asiento delantero derecho, por el mayor tamaño de la bolsa de aire y ser el punto desde donde se accede a la guantera para recoger la documentación del vehículo, y en muchos casos desde donde los sanitarios auxilian al conductor.

La primera medida de seguridad **es desconectar los bornes de la batería (primero el negativo)**, aunque hay que recordar que con esto no se consigue el corte definitivo de suministro, al existir en la unidad de control unos condensadores que garantizan el funcionamiento del sistema, para lo que habrá que esperar 10 ó 15 minutos. Si no es posible desconectar la batería, se realizarán las siguientes operaciones:

- Quitar el contacto del vehículo, y si es posible desactivar el airbag de acompañante.
- No apoyarse en la tapa del airbag, ni colocar herramientas u objetos sobre la misma ni en su zona de influencia, evitando que puedan salir proyectados.
- No manipular la columna de dirección, absteniéndose de realizar cortes o taladros, aunque puede cortarse el arco del volante si ayuda a liberar al conductor.
- No manipular los airbags.
- Separar los asientos lo más posible hacia atrás y abatir el respaldo (siempre que sea prudente hacerlo).
- Efectuar el rescate y manipular la guantera desde el lateral del vehículo, evitando colocarse en la zona de expansión de la bolsa.
- No intentar cortar ni perforar la unidad de airbag.

- Evitar el sobrecalentamiento de los airbags.
- Evitar cortes en el respaldo de los asientos, puesto que el cartucho de gas del airbag lateral sigue activo aunque esté desconectada la batería.
- No golpear el lateral exterior del asiento, pues pudiera situarse sobre su banqueta un sensor de choque.
- Evitar que personal de rescate corte el techo, pues en éste y los pilares se instalan los cartuchos de gas y carga pirotécnica, pudiendo provocar su deflagración.
- No debe intentarse la activación manual del sistema.
- Colocar elementos de protección de airbag frontales si se dispone de ellos.

3.4.6.2. *Intervención en accidentes con airbags desplegados*

La primera medida de seguridad sigue siendo desconectar la batería y quitar el contacto. En principio no es necesaria la espera de 10 ó 15 minutos, salvo que nos encontremos con un sistema de airbag de dos etapas, con el riesgo que entonces conllevaría el que se produzca una segunda detonación; por lo demás, el sistema se enfría rápidamente.

Para el rescate de las víctimas y control de la documentación del vehículo no será necesario replegar o cortar las bolsas de aire de los airbags, pues los riesgos son mínimos.

La única precaución que habría de tenerse ante un airbag ya detonado es la de evitar la inhalación o el contacto con los residuos del detonante, que pueden provocar irritación en la piel, garganta, ojos y heridas. Se debe tener cuidado con ciertos componentes del sistema que pueden estar aún muy calientes, aunque se encuentren dentro del volante y no parezcan presentar problema alguno.

3.4.6.3. *Incendio de vehículos con airbag*

Cuando se incendia un vehículo dotado de airbag existe el riesgo de que el fuego alcance los detonadores pirotécnicos y las cargas de gas. Los airbags y los pretensores pirotécnicos no explotan, pero sí pueden deflagrar (arder súbitamente con llama y sin explosión) o simplemente arder de forma controlada.

Los airbags se desplegarán en caso de incendio y el generador de gas funcionará correctamente.

CAPÍTULO VII: ESTUDIO DEL ESCENARIO DEL ACCIDENTE

1. MEDICIÓN Y ACOTACIÓN DEL ESCENARIO DEL ACCIDENTE

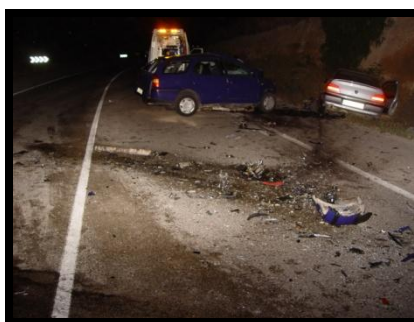
1.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DEL ACCIDENTE

1.1.1. Identificación del punto de colisión

1.1.1.1. Introducción

Todos los accidentes de circulación, dejan alguna señal física de lo ocurrido, pudiendo consistir en *daños* a los vehículos, en *lesiones* a las personas y en marcas en la calzada.

Estas señales raras veces podrán explicar todo lo ocurrido en un accidente, pero, *con frecuencia complementan las declaraciones de implicados y testigos, prueban o desmienten teorías de lo ocurrido y marcan el rumbo de una ulterior investigación.*



Residuos del accidente

1.1.1.2. Identificación por los “restos”

Es la acumulación de fragmentos de vehículos, escombros, polvo y otros materiales que en una colisión quedan en el escenario del accidente, localizando el PUNTO DE CONFLICTO y pudiendo ayudar a identificar a un vehículo que ha huido del escenario.

Si estos residuos están casi todos *concentrados en un área de dos metros de diámetro*, la colisión tuvo lugar en ése área. Cuando un coche choca con un objeto fijo, los restos se dispersan desde el PC en la dirección de la marcha del vehículo, siendo lanzados a mayor distancia los de mayor masa.

Existen siete tipos de restos: *Residuos de la parte inferior del vehículo* (“*Restos de infraestructura*”), partes o piezas de vehículos, fluidos del vehículo, cargamento líquido, cargamento sólido, materiales de la carretera, y por último, sangre y ropas.

1. Residuos de la parte inferior de los vehículos.

Por *restos de infraestructura* se entienden el barro, polvo, hollín, pintura y alquitrán que se desprende de la parte inferior del coche, parachoques, guardabarros, etc., por la sacudida violenta en la colisión.

Si estos materiales no están dispersos, sino más bien agrupados o amontonados, se puede tener casi la seguridad de que en ese punto tuvo lugar la colisión con las partes más dañadas del vehículo.



Restos de infraestructura

2. Fluidos del vehículo.

A veces se vierten fluidos de los vehículos por los daños sufridos durante el evento por sus circuitos o tanques contenedores.

Estos líquidos pueden ser de las clases siguientes:

- a). *Agua del radiador*, la más corriente de encontrar.
- b). *Aceite del cárter*, que le sigue en frecuencia.
- c). *Gasolina y combustible diesel*, que por fortuna no son muy frecuentes.
- d). *Fluidos de transmisiones automáticas* de cierto tipo de vehículos.
- e). *Líquido de los frenos*, de los que raramente suele haber gran cantidad.
- f). *Ácidos de las baterías*.

El desplazamiento que sufren tras la colisión es en la mayoría de las veces pequeño (por su poca densidad), lo que nos llevará a deducir en un gran número de ocasiones el PC.

3. Cargamento sólido.

Son los restos caídos sobre la vía por la violencia de la colisión. Del examen de su trayectoria-proyección, se puede obtener información sobre el PC. A veces estos materiales pueden enterrar otras huellas importantes de la carretera.

4. Materiales de la carretera.

Son rastros arrancados por la colisión y esparcidos fuera del lugar en que se hallaban. De su examen y procedencia, se puede averiguar información sobre el PC.

5. Sangre y ropas.

La sangre puede localizar la PF de la persona al acabar el evento e indicar el lugar que ocupaba dentro del vehículo, más que determinar el lugar en que cayó tras la colisión o atropello. Las fibras de ropa y restos epiteliales adheridos sobre el pavimento, marcan la trayectoria seguida por la persona en su arrastre por la calzada.

La localización de todos los restos debe fotografiarse y registrarse en el boceto confeccionado.

1.1.1.3. Marcas dejadas por partes metálicas de los vehículos

Son las señales producidas sobre la superficie del firme, por ciertas partes metálicas de los vehículos, como por los bajos al producirse las colisiones, por la carrocería al producirse un vuelco, al deslallantarse algún neumático o por pérdida de la rueda.

Los **arañazos** son marcas producidas por una parte metálica aguzada o de poca superficie de contacto, provocando líneas estrechas de poca profundidad. Pueden producirse en el momento de máximo enganche entre los vehículos o durante el desplazamiento después de la colisión. Se denomina **restregón** a aquellos arañazos que han sido producidos por superficies amplias, por lo que adoptan una forma ancha o un conjunto de estrías.

Las **hendiduras** son depresiones profundas que se producen cuando el pavimento es escavado por partes metálicas del vehículo, bajo la presión de las intensas fuerzas que se desarrollan durante las colisiones y marcan el PC. La principal diferencia con los arañazos es que las *hendiduras* son más profundas y producen desgarró de material en la calzada, mientras que los *arañazos* deterioran más superficialmente y desplazan el material a los lados.

Los **surcos**, son marcas con longitudes considerables por el deslizamiento prolongado de la parte metálica. Podríamos decir que un surco es una hendidura prolongada. Normalmente son producidos por vehículos de una masa considerable.



Hendidura marcando el PC del accidente

a). Confrontación. Las hendiduras pueden confrontarse perfectamente con las partes del vehículo que las realizó, al deber sufrir éstas un desgaste visible.

b). Las hendiduras pueden dividirse en tres tipos generales:

- *Desconchado.* Cavidad cóncava que arranca parte del material de la vía.
- *Raspado.* Extensas raspaduras transversales a la dirección de marcha del vehículo.
- *Estriado.* Estrías o ranuras largas, estrechas y profundas, labradas por pernos y otras piezas similares en la dirección de marcha.

c). Duración. Este tipo de marcas durará hasta que sea reparado el pavimento.

1.1.1.4. Los neumáticos y sus huellas

1. Comportamiento de vehículos

a). Colisión.

Cuando un vehículo colisiona se origina una gran fuerza. La parte inferior del vehículo decelera, mientras que la superior, por inercia, tiende a seguir avanzando. De

este modo, al desplazarse súbitamente la carga desde las ruedas traseras hacia las delanteras, el vehículo se inclina hacia adelante.

Para identificar las marcas sobre la vía con su momento dentro de la TEA, es necesario saber que a partir de la Posición Clave (**PCL**) y dentro ya de la Fase de Conflicto, se producen las siguientes situaciones:

- *Punto de contacto inicial.* Cuando ambas unidades de tráfico toman el primer contacto, aún no hay deformaciones ni transferencias de energía.
- *Posición de máximo enganche.* Punto donde se produce la máxima penetración de una unidad de tráfico en otra, o en un objeto rígido.
- *Desenganche.* Punto en que se separan las unidades de tráfico una de la otra o una unidad de tráfico de un objeto duro fijo después del enganche.
- *Posición final.* Punto en que quedan las unidades de tráfico y todos los objetos en absoluto reposo después de la colisión.

El comportamiento de los vehículos tras el accidente es muy distinto según sean las líneas de fuerzas actuantes. Si éstas pasan por los centros de gravedad, habrá unos desplazamientos en el mismo sentido de las fuerzas. Pero si no pasan por dicho centro de gravedad, habrá además unas rotaciones del vehículo alrededor de éste.

b). Señales de neumáticos.

Existen numerosas clases de señales producidas por el neumático y algunas de ellas, por sí mismas, son capaces de explicar cómo se ha producido el accidente.

- *Impronta.* Dibujo del neumático impreso en terreno blando y suele aparecer en los márgenes de la vía, cunetas o caminos de tierra. Pueden ser trascendentes para determinar una salida de vía previa a la colisión o salida de vía definitiva, para concretar el ángulo de salida y para identificar al vehículo causante de las mismas en accidentes con fuga.



Huella de impronta

- *Rodadura.* Marca que se produce cuando la rueda gira libremente sobre terreno provisto de hierba. Suele ser efímera y raramente se aprecia el dibujo.
- *Surco.* Huella producida por los neumáticos bloqueados que se deslizan sobre terreno blando, como por ejemplo el de una cuneta, produciendo un barrido del material y quedando una marca bien visible, en cuyo final suele quedar una pequeña acumulación del material.



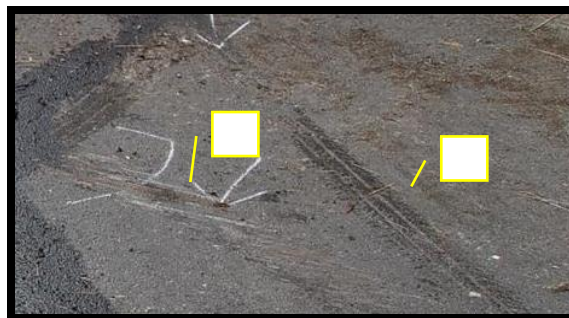
Surcos

- *Tiznadura*. Se produce sobre el pavimento, en épocas calurosas y primordialmente por neumáticos de vehículos pesados, que dejan en sus maniobras a pequeña velocidad una señal del dibujo del neumático. Son de escasa intensidad.



Huella de tiznadura

- *Untadura*. Es la producida por el dibujo del neumático, o incluso sin apreciarse la escultura, debida al paso previo de la rueda por una sustancia líquida (aceite, ácido batería, etc.). Su importancia radica, que en determinadas ocasiones trazan la trayectoria seguida por el vehículo tras la colisión.



Huellas de untadura (1) y arrastre (2)

- *Estampa*. Es el rastro dejado por las ruedas tras su paso por materias polvorrientas, tales como tierra, harina, etc.
- *Embaradura*. Es la generada por la rueda que habiendo pasado previamente por barro, deja más tarde en el firme duro el dibujo embadurnado.

- *Barrido*. Cuando la rueda bloqueada se desliza sobre una calzada con suciedad o polvo en su superficie se produce un barrido de ese material, dejando la zona por la que ha desplazado el neumático, ligeramente limpia.
- *Secado*. Huella producida igualmente por el bloqueo de neumáticos sobre una superficie mojada. Cuando la banda de rodadura se desliza sobre la calzada se produce un calentamiento de la zona y la consiguiente absorción de humedad a lo largo de la longitud de la huella.



Huella de secado

- *Arrastre*. Se genera, cuando tras la colisión la rueda queda bloqueada y el desplazamiento debido a la energía residual obliga a marcar dicho arrastre sobre el pavimento, marcando el trayecto desde el PC hasta la PF. También se producen por efecto del remolcado de un vehículo con la grúa.
- *Abrasión*. Huella producida por el roce discontinuo del caucho sobre el pavimento *al reventar el neumático* y seguir rodando sobre la calzada. Suele tener una anchura irregular presentando sus bordes con una intensidad más acusada debido a la presión ejercida por los talones de la llanta.



Inicio de una huella de abrasión

2. Las huellas de deslizamiento

Las huellas de frenada son las marcas dejadas sobre el pavimento cuando al aplicar a fondo el pedal de freno, se produce el bloqueo de las ruedas. Así, una misma zona de la banda de rodadura del neumático se desliza por los áridos del pavimento liberando una gran cantidad de calor en la fricción de las dos superficies, provocando la degradación de la banda de rodadura, cuyas limaduras impregnan la superficie.



Huellas de deslizamiento

En pavimentos rígidos, con anterioridad a la marca nítida aparecerá una especie de sombra. Para poder observarla y encontrar el inicio de la misma, habrá de hacerse en la dirección de la huella y con un ángulo de observación muy bajo.

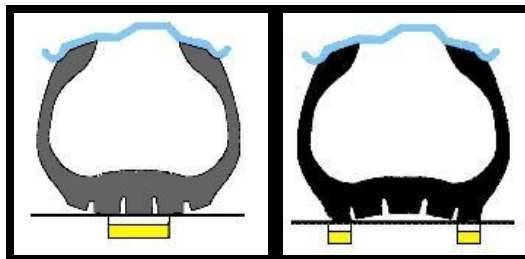
El inicio de la huella es irregular, presentando una imagen similar a una sierra dentada.



Inicio de una huella de deslizamiento

En situaciones normales, una rueda frenada dejará una huella de anchura igual a la de la banda de rodadura y se marcarán longitudinalmente los tacos de la misma. Si el neumático tiene presión excesiva o muy escasa carga, sus hombros se elevarán y dejarán de estar en contacto con la superficie. Por ello al frenar, los bordes estarán poco claros y la zona de mayor intensidad de huella se encontrará en su centro.

Si por el contrario el neumático se encuentra con presión inferior a la recomendada o el vehículo está sobrecargado, se producirá un arqueamiento convexo y los hombros del neumático soportarán la mayor parte del peso, marcándose estos en la huella.



Neumático con presión excesiva (izda.) y escasa (derecha)

Las huellas de deslizamiento indican que la rueda estaba bloqueada por efecto de una fuerte frenada del conductor y el vehículo sufría una reducción de velocidad, constituyendo el vestigio objetivo más fiable para determinar la velocidad llevada por un vehículo.

La ausencia de estas huellas en un siniestro puede indicar que el conductor no aplicó los frenos con fuerza, o que estos no funcionaron adecuadamente.

Las **irregularidades en las marcas de frenado** pueden tener mucha importancia, son las siguientes:

a). Comienzo retardado.

Una huella puede comenzar más tarde que otra por una serie de razones:

- *Que los frenos no actúen igual en todas las ruedas*, en cuyo caso una rueda frenará y patinará antes o después que las restantes.
- *Que una rueda, o las dos de un mismo lado, pueden estar sobre una superficie algo más deslizante*, como una franja central o una junta del firme, pudiéndose bloquear antes que las del lado opuesto, describiendo una curva en la dirección de la superficie menos deslizante.
- *Que exista una transferencia de peso* al estar el vehículo girando, en cuyo caso se marcará antes y de forma más clara la rueda exterior.
- *Las ruedas traseras de un remolque* comienzan a deslizarse antes que del tractor, porque están así regladas. A menudo, las ruedas del tractor no patinan.

b). Curvas.

Las curvas en las huellas de deslizamiento son, generalmente, tenues patinazos hacia el borde de la calzada en vías bombeadas. Pueden comenzar por un frenado desigual o debido al factor de adherencia de la carretera. También pueden producirse si el coche fue sometido a una ligera maniobra de volante momentos antes de aplicar los frenos, prosiguiendo el movimiento de rotación mientras el vehículo se desliza.

c). Desalineaciones.

Las desalineaciones, en las huellas de deslizamiento casi siempre señalan el PC con otro vehículo o incluso con un peatón o ciclista. Tales desviaciones suelen estar cerca de donde las huellas empiezan a curvarse debido al movimiento de rotación del vehículo.



Desalineación en una huella de deslizamiento

La permanencia de las huellas de deslizamiento sobre el pavimento, dependerá de:

- *El tráfico*, que eventualmente irá borrando todo vestigio.
- *Las pisadas de la gente*.

- *La lluvia o nieve*, que lava o cubre muchas huellas.
- *El Sol y el viento*, que seca o sopla las marcas compuestas por partículas húmedas o ligeras.
- *Algunas personas que*, premeditadamente, eliminen u oculten las huellas.
- *Otras huellas de deslizamiento* que pueden interferir con las del accidente.
- *Obras de limpieza, conservación y reparación* de la carretera.

Las huellas de deslizamiento húmedas, en aguanieve o fango, pueden ser borradas por la lluvia unos segundos después de haber sido producidas.

Se deben proteger las huellas de deslizamiento hasta que hayan sido estudiadas, debiendo para ello excluirlas de la circulación y pisadas por medio de señalización, colocando vehículos o mediante la custodia de las mismas.

Conviene examinar con toda rapidez las huellas de deslizamiento tenues o delicadas, antes que puedan desaparecer por efecto de la limpieza de la calzada, lluvia, etc.

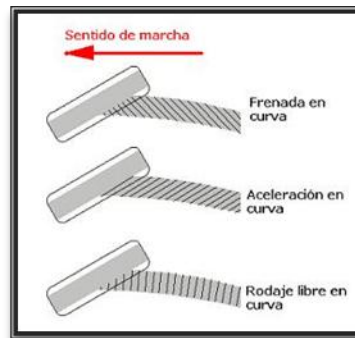
En accidentes de tráfico con numerosos vehículos implicados o en determinados puntos peligrosos, como intersecciones o semáforos, pueden aparecer multitud de marcas, con lo que habrá que confrontar el vehículo que origina las huellas para averiguar la dinámica del siniestro:

- Mediante la Posición Final de los vehículos, si la misma es coincidente con la trayectoria de la huella o si coincide con el final de las huellas.
- Mediante la *declaración testifical*, que ayudará a confirmar la hipótesis.
- En todo caso, se debe medir *el ancho de vía del vehículo* y constatar que coincide con la separación de las huellas paralelas, así como *el ancho de cada rueda*, para comparar con la del neumático correspondiente.

3. Las huellas de fricción

Son aquellas que se producen cuando las ruedas del vehículo giran a velocidad distinta a la de su desplazamiento. Si el eje longitudinal del vehículo tiene la misma dirección de las huellas, éstas serán de **aceleración** (producidas cuando las ruedas motrices giran a mayor velocidad que el avance del vehículo) o **deceleración** (producidas cuando la rueda gira a una velocidad menor que la llevada por el vehículo, pero en el momento en que todavía no ha llegado a bloquearse). Si el eje longitudinal del vehículo no coincide con la dirección de las huellas, entonces nos encontraremos con **fricciones laterales**, esto es, el vehículo se desplaza lateralmente y la huella presenta un trazado generalmente curvo por la rotación del vehículo.

Es preciso determinar la dirección de las estrías en relación al desplazamiento del vehículo, para valorar si el vehículo se encontraba en fase de aceleración, frenado o bajo los efectos de rodadura libre en curva.



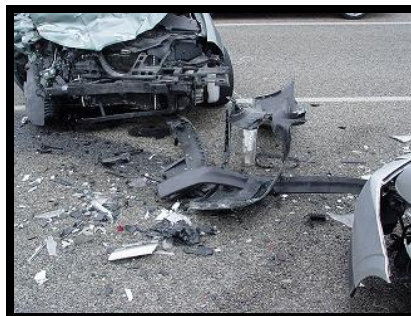
Dirección de las estrías en huellas de fricción lateral

1.1.2. Identificación de las trayectorias

A continuación se exponen aquellos vestigios que de forma más específica contribuyen a identificar preferentemente las trayectorias precolisión y poscolisión, así como otros indicios que también nos ayudaran a determinar dichas trayectorias:

1.1.2.1. Partes o piezas del vehículo

Son los restos que se desprenden del vehículo desde la colisión hasta su PF, pudiendo señalar el *itinere* llevado después de colisionar, pero también pueden ser modificados por otros vehículos implicados, personas, durante la labor de remolque por la grúa, etc. por lo que estos restos no son tan útiles como los de infraestructura para localizar el PC. No obstante, tienen suma importancia a la hora de efectuar una reconstrucción del accidente y por tanto sus posiciones deben ser medidas con exactitud, ya sean espejos retrovisores, cristales o piezas grandes, como las ruedas o el motor. Caso de haberse dado a la fuga alguno de los vehículos implicados, deberán recogerse sus restos, para el análisis y contraste, especialmente aquellas que contengan números de serie, pinturas, etc.



Partes de un vehículo

1.1.2.2. Cargamento líquido

Si la violencia de la colisión es suficiente para romper los recipientes de líquidos del vehículo, pueden producirse los siguientes rastros:

1. Salpicaduras.

Ocurre cuando un líquido contenido en un depósito sale a chorros de forma violenta salpicando el pavimento, otros vehículos u objetos. Si en una colisión o choque se ve afectado el radiador de forma violenta, el líquido refrigerante saldrá con una gran presión hacia fuera dejando puntos oscuros de forma irregular y generalmente rodeados por otros pequeños puntos.

Son difíciles de ver por estar aisladas y dependiendo de la dispersión de las mismas.

2. Reguero.

Algunas veces los fluidos del vehículo dejan un reguero del líquido derramado que va desde el PC hasta la PF mostrando la trayectoria del vehículo. Este *goteo* puede ser una línea muy evidente, pero también puede consistir en unas gotas apenas visibles de tramo en tramo.

3. Charco.

Como continuación de la acumulación de los vestigios dejados por goteo, se formará un charco. Cuando el vehículo ha quedado detenido en su PF, podrá formarse un charco bajo la zona de rotura del contenedor. Si cuando el investigador llega al lugar del accidente, el vehículo ha sido retirado, podrá situarlo con seguridad sobre el charco que se aprecie.

4. Escape de líquido.

Es el líquido que forma un charco en una superficie inclinada y fluye hacia la cuneta de la vía. En fotografía se perciben mejor que otros rastros, como los restos de infraestructura.

La posición de la *gasolina* debe ser examinada rápidamente por su evaporación. El *agua* se secará más o menos rápidamente dependiendo de la cantidad vertida y las condiciones climáticas existentes.

El *aceite* o las *grasas* permanecerán en el sitio unos cuantos días, particularmente cuando reblandecen el ligante de los pavimentos bituminosos.

El *ácido de la batería* puede penetrar incluso en superficies cubiertas de agua, por lo que si ha llovido, cuando la vía se seque podrá verse al igual que ocurre en terreno seco, como una zona clara, efecto típico de la reacción corrosiva del ácido sulfúrico con la superficie.

1.1.2.3. Daños a objetos fijos

Los objetos fijos dañados en la vía o en sus límites pueden ser vallas protectoras, barandillas, cercas, señales, postes, pretilas de puentes y otras estructuras por encima de la superficie de la vía.

Los daños ayudan a establecer el *itinere de un vehículo después de la colisión* y también pueden determinar la PF del vehículo si fue retirado del lugar de la escena.

La información que aportan -intensidad, forma y deformación-, pueden aportar datos suficientes para determinar las líneas de fuerza y establecer la situación inicial del vehículo antes de salirse de la zona pavimentada; cotejando estos daños con los sufridos por el vehículo, podremos llegar a una primera hipótesis sobre cómo se produjo el choque.

1.1.2.4. Identificación del punto de despegue y caída de las unidades de tráfico implicadas en un salto, vuelco o tonel.

Para la identificación de estos puntos, son múltiples los vestigios que pueden encontrarse sobre el pavimento, siendo los más determinantes los siguientes:

A. Las hendiduras.

Cuando es arqueada, suele indicar que hubo rotación o torsión, vestigios que generalmente coinciden con puntos de “despegue” de los vehículos implicados en colisiones.



Hendiduras arqueadas

B. Residuos de la parte inferior de los vehículos.

Se puede dar la circunstancia de que como consecuencia de la caída de un vehículo sobre la calzada, se produzcan *restos de infraestructura de los vehículos*.

C. Raspaduras.

Estos arañazos anchos o un conjunto de pequeños arañazos los podemos descubrir en ocasiones de accidentes en los que un vehículo, vuelque en forma de tonel. El material de la superficie de la carretera no es removido más de lo que es aplastado.

D. Huellas de fricción neumática.

Las podemos observar, cuando sean de forma irregular y de corto recorrido y extensión, bien conjuntamente con alguna de las anteriores, bien de forma aislada, con ocasión de accidentes en los que se produzca el despegue, la caída y el vuelco solo o en tonel.

1.2. DESCRIPCIÓN, ACOTACIÓN Y REPRESENTACIÓN DEL ESCENARIO DEL ACCIDENTE

1.2.1. Fotogrametría

1.2.1.1. Definición y aplicación de la fotogrametría en AT

La fotogrametría es una técnica que, partiendo de fotografías, permite construir planos, croquis o mapas, tanto en dos como en tres dimensiones, o simplemente permite realizar mediciones a partir de las imágenes fotográficas, generalmente estereoscópicas.

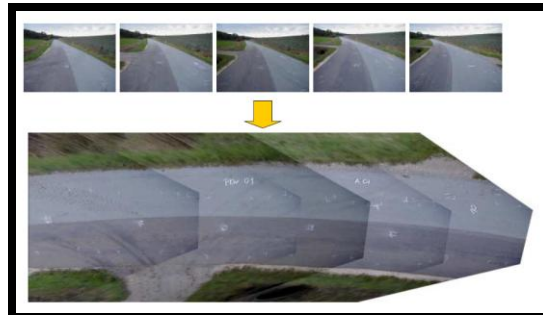
Su campo de aplicación en lo que al trabajo del investigador de accidentes respecta, puede ser la obtención de mediciones adicionales o incluso, en algunos casos, la única fuente de información de la que se podrán extraer mediciones del lugar de los hechos, con dos usos principalmente: por una parte, en la restitución de mapas o croquis de escenas de accidentes realizados a partir de fotografías, y por otro lado, documentación y determinación de las deformaciones de un vehículo accidentado.

– Restitución de croquis de escenas de accidentes a partir de fotografías.

En los AT, hay ocasiones en las que el único documento gráfico lo constituyen las fotografías y otras en las que en el proceso de análisis de datos nos encontramos con fotografías que muestran detalles que no fueron registrados inicialmente. En estos casos, es posible obtener la posición o medidas de ese objeto, huella o vestigio a partir de esas fotografías.

Para ello se utiliza la fotogrametría, de la que una variante es la ortogonalización de fotografías en otra fotografía cenital. Esto solo puede hacerse con programas informáticos

específicos, pero las bases técnicas son semejantes a las utilizadas para realizar un croquis mediante las técnicas de dibujo técnico.



Ejemplo de transformación de varias fotografías a una sola cenital.

Referencia: Jürgen Holl, technet GmbH, Stuttgart, March, Bonn, (2003), www.technet-gmbh.com

– Documentación y determinación de las deformaciones de un vehículo accidentado

Con la finalidad de evaluar el comportamiento de diferentes modelos de vehículos, los investigadores suecos de la Universidad de Tecnología Chalmers y de la compañía Seguros Folksam desarrollaron una metodología para utilizar la fotogrametría para documentar las deformaciones de los vehículos. La solución de los problemas que las mediciones plantean en el procesamiento de la escena de un accidente de tráfico traza claramente la distinción entre los trabajos de campo, tomando las fotografías, y los cálculos fotogramétricos sobre mediciones tridimensionales derivados de la información contenida en las fotografías anteriores.



Medición de las deformaciones de un vehículo mediante un instrumento de barras.

A lo anterior podría añadirse la generación de modelos 3D de vehículos o entornos a partir de fotografías para su utilización en programas de simulación de AT con la finalidad de conseguir la mayor fiabilidad y exactitud posible en la reconstrucción técnica.

– Ventajas de la fotogrametría

El uso de la fotogrametría para la reconstrucción de AT es un campo relativamente novedoso e inexplorado, pero asequible con el desarrollo de la informática en los últimos años, tanto en programas como en equipos, y que no necesita una formación compleja.

Si la comparamos con los métodos tradicionales de medición, la fotogrametría en conjunción con la informática, reduce el tiempo de realización del croquis hasta en un 60%.

Por el contrario se han señalado como desventajas, que mientras que el tiempo de investigación en la escena se reduce, el tiempo de procesamiento en el gabinete aumenta si se compara con el método tradicional de elaboración de croquis, que las escenas largas son difíciles de fotografiar y procesar, y finalmente, que las marcas de frenado y otras evidencias en la escena del accidente son difíciles de plasmar en fotografías, especialmente por la noche.

1.2.1.2. *Métodos utilizados en fotogrametría*

Todas las ventajas derivadas de registrar la información por medio de fotografías para confeccionar un croquis no tendrían sentido, si no existiera un método que nos permitiera pasar de la información bidimensional, proporcionadas por las fotografías a la información tridimensional que necesitamos para determinar la forma, dimensiones y posición en el espacio del objeto de nuestro estudio.

Este método conocido con el nombre de Método General de la Fotogrametría para el que es necesario dos fotografías tomadas desde dos puntos de vistas diferentes y a partir de la reconstrucción de la forma de cada uno de los haces y de sus situación en el espacio con respecto a un cierto sistema de referencia, usando el principio de la visión estereoscópica que permite identificar los rayos homólogos de cada haz, es capaz de proporcionarnos las coordenadas de cada uno de los puntos objetos.

La aplicación de este método no es más que la resolución de un problema de geometría de intersecciones entre dos haces perspectivos.

Desde un punto de vista práctico, a continuación se van a desarrollar dos métodos fotogramétricos de interés en la investigación y reconstrucción de accidentes de tráfico:

a). MÉTODO DE APROXIMACIÓN

El método más rápido y común, de hacer un boceto de la escena de un accidente de tráfico a partir de fotografías es, simplemente, dibujarlo a mano alzada o realizando estimaciones de distancias en el ordenador. No es necesario comprender los principios de la perspectiva para examinar una fotografía y trazar un boceto aproximado, de la misma forma que se realiza si realmente estuviéramos sobre el terreno.

Este método tiene como principal desventaja, la falta de precisión y exactitud en las mediciones y en la representación de la escena. Sin cualidades específicas de la configuración de la carretera, la perspectiva en fotografías a nivel de tierra puede resultar algo confusa. Las curvas parecen más cerradas de lo que en realidad son, y los ángulos son especialmente difíciles de fijar en perspectiva.

b). MÉTODO GRÁFICO O DE MALLADOS

El método de los mallados en perspectiva permite efectuar mediciones de marcas u objetos situados en el plano cuya proyección perspectiva sea conocida. Su aplicación más efectiva se halla en la medición de marcas dejadas por neumáticos y en determinar la situación final de los vehículos. Un mallado es un sistema de líneas rectas entrecruzadas que se dibujan, en perspectiva sobre la fotografía y sin perspectiva sobre el área del mapa correspondiente. El mallado permite identificar un punto determinado sobre la fotografía y localizarlo en el mapa. Para poder utilizar este método hay que tener en cuenta tres aspectos fundamentales:

- La fotografía debe incluir un área, camino o carretera, que pueda ser representada en el mapa como un paralelogramo.

- Es necesario conocer, bien la distancia entre los lados adyacentes del paralelogramo o bien su longitud, que normalmente se obtiene mediante medición directa en el lugar del accidente. También debemos conocer la medida de un ángulo o de una diagonal del paralelogramo.
- La superficie representada en el paralelogramo debe ser plana pero no tiene por qué encontrarse toda ella al mismo nivel.

A los efectos prácticos del trabajo del investigador de accidentes mediante el método de mallado de perspectiva natural, las áreas seleccionadas pueden definirse mediante líneas de señalización horizontal, uniones de calzadas, bordillos de las aceras... Deben ser secciones rectas de la carretera y, al tomar la fotografía, se ha de prestar cuidado para que la dirección del punto de vista sea paralela a la superficie de la carretera. Las dimensiones de las marcas seleccionadas se medirán en el lugar del accidente, no siendo conveniente asumir valores estándar como, por ejemplo, el ancho de la calzada o de las marcas viales.

La idea fundamental en la que se basa el mallado de la perspectiva natural es, conceptualmente, muy sencilla. Tomando un punto de la fotografía, como puede ser el comienzo de una huella de frenada, observamos su situación con respecto al mallado en perspectiva y luego buscamos en el mallado ortogonal del mapa el punto correspondiente. Una línea de interés en la fotografía se representa en el mapa a partir de puntos localizados sobre ella, los cuales son pasados al mapa; uniendo estos puntos obtenemos la línea equivalente en el mapa.

Hay dos circunstancias en las que es imposible utilizar esta técnica: huellas de la calzada con geometrías muy complejas y la existencia de tráfico muy denso que obstaculiza la visión.

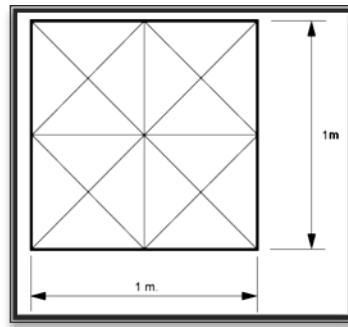
– **Cuadro mallado portátil**

Dado que rara vez se dispone de buenos mallados naturales cuando se necesitan y que para la restitución de un fotograma es necesario conocer la escala del mismo y la situación de los elementos que definen la perspectiva, se puede utilizar esta técnica disponiendo sobre el terreno una malla de dimensiones conocidas.

El mallado portátil es, básicamente, un rectángulo que se coloca sobre la carretera y se saca en el primer plano de la fotografía. Gracias a la ayuda de este mallado portátil no se pierde tiempo realizando unas mediciones que, en algunos casos, pueden incluso no ser necesarias. Además, directamente a partir de la fotografía, y mediante el método que se expone a continuación, se puede obtener cualquier medida que se precise.

El rectángulo que se coloque sobre la superficie de la vía de circulación puede ser cualquier lámina de papel o cartón de la que conozcamos sus dimensiones, pero el método resulta ser más fácil de aplicar, y más preciso, si preparamos un cuadrado mallado. Un tamaño adecuado es un cuadrado de $1 \times 1 \text{ m} = 1 \text{ m}^2$ de superficie (o mayor si es posible para mejorar la precisión del resultado).

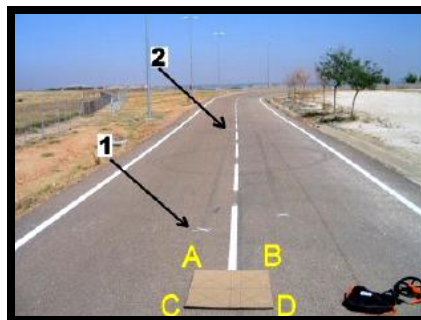
El cuadro se subdividirá en cuatro cuadrados iguales y, en cada uno de éstos, se trazarán sus diagonales, quedando así divididos en cuatro triángulos cada uno, tal y como puede observarse en la figura mostrada a continuación.



Dimensiones y diseño del cuadro mallado

Referencia: MONTES SOLIS, Manuel: Apoyos técnicos a la investigación, Escuela de Tráfico de la Guardia Civil, Mérida, (2005).

El cuadrado puede situarse en cualquier lado de la fotografía, pero para favorecer el proceso de construcción del mapa, es preferible que uno de los lados del cuadrado mallado aparezca como una línea horizontal y esté muy cerca de la parte más baja de la fotografía. También es de gran ayuda si algún lado del cuadrado mallado es paralelo a alguna línea o referencia que aparezca sobre la superficie de la vía, tal como puede ser el bordillo de una acera, o una marca vial de señalización horizontal.



Utilización del mallado en una fotografía.

Referencia: MONTES SOLIS, Manuel: Apoyos técnicos a la investigación, Escuela de Tráfico de la Guardia Civil, Mérida, (2005)

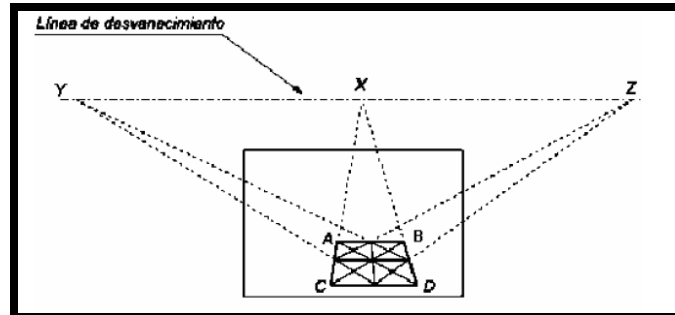
– **Procedimiento de Ortogonalización de la huella**

El procedimiento para dibujar el plano a partir de una fotografía en la que aparece la perspectiva de un cuadrado mallado portátil no es complicado.

- Tomando el cuadrado mallado como base, trazaremos una serie de líneas finas en la fotografía que servirán para representar cuadrados de lado 1 x 1 m.
- Prepararemos una lámina de dibujo para el mapa. Sobre ella dibujaremos, a escala, un cuadrado que representará el cuadrado mallado portátil.
- El cuadrado mallado de la foto se corresponderá con un cuadrado en el plano.

Sujetaremos una **ampliación de la fotografía** en una lámina de papel mayor, de forma que las líneas puedan trazarse saliéndose de la fotografía al ser prolongadas. Denominaremos por las letras **A, B, C, D** a las esquinas de la perspectiva mallada. Las dos marcas de los neumáticos que deseamos reflejar en el mapa las denotaremos por los números, 1 y 2.

Atendiendo a los principios geométricos que rigen la perspectiva, las líneas AC y BD fugan hacia el punto X. Si prolongamos las diagonales de la perspectiva mallada, se cruzan dos a dos en los puntos Y y Z, tal y como se puede ver en la figura mostrada a continuación.



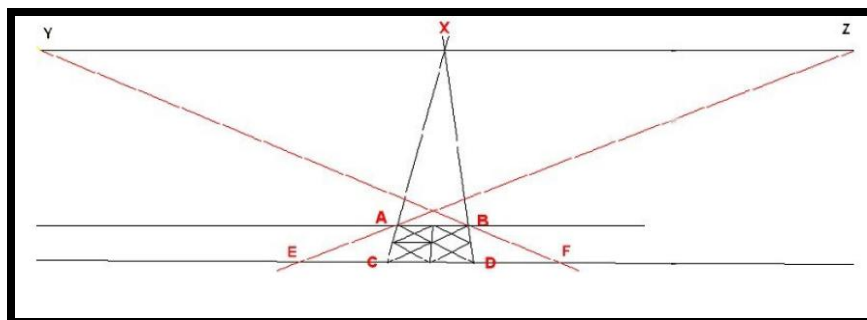
Utilización del mallado en la aplicación de los principios de la perspectiva central o cónica.

Referencia: MONTES SOLIS, Manuel: Apoyos técnicos a la investigación, Escuela de Tráfico de la Guardia Civil, Mérida, (2005).

Si la superficie se halla nivelada, los puntos X, Y y Z deben estar alineados, y determinarán la línea de desvanecimiento. Si no es así, tendremos que volver a localizarlos más cuidadosamente. Las líneas XC y XD, son los lados (izquierdo y derecho) de una hilera de cuadrados en la superficie, que se extienden desde el cuadrado portátil hasta el infinito, donde se encuentra el punto de fuga X.

– Dibujar la perspectiva mallada en la fotografía.

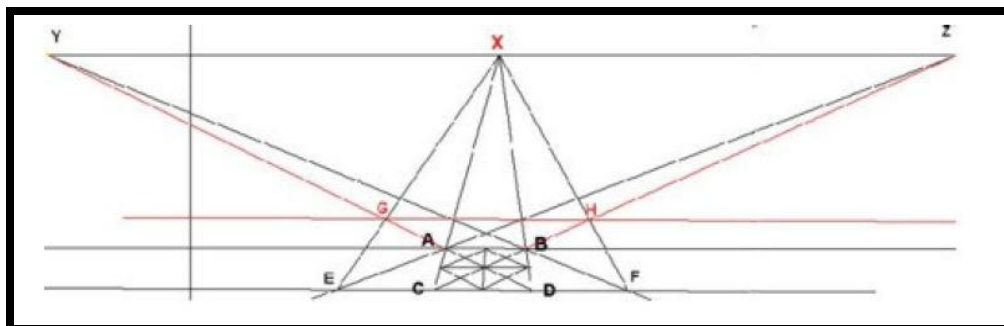
Situados los puntos de fuga se procede a alargar los lados más lejano y más cercano del mallado, es decir las rectas AB y CD, más allá de los lados derecho e izquierdo de la fotografía. Estas líneas constituyen los lados superiores e inferiores de una serie de cuadrados de 1 x 1 m. en los que la placa define el centro. A continuación, dibujamos una línea recta que vaya de Y hasta B y la prolongamos hasta su cruce con la línea CD en el punto F. Se hace lo mismo desde Z, atravesando A, y se obtiene el punto E en el punto de corte con la recta CD.



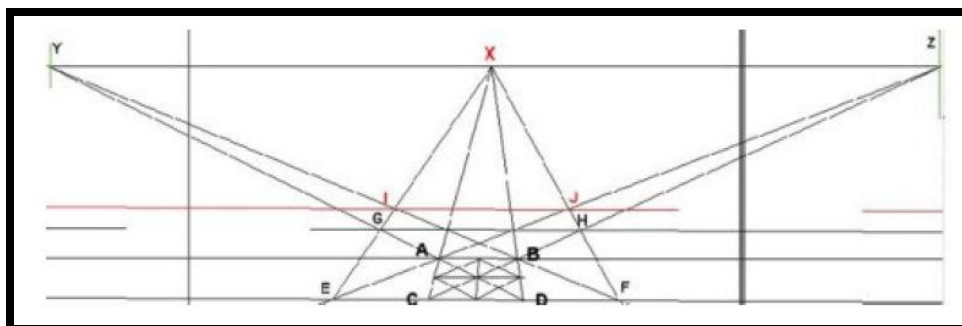
Paso primero de la perspectiva mallada de la fotografía

Ahora dibujamos las líneas XE y XF, que nos proporcionarán los lados de dos conjuntos más de cuadrados que se prolongan hasta la línea de fuga. Ahora tenemos tres cuadrados incluyendo el del mallado, presentado en el plano de la fotografía.

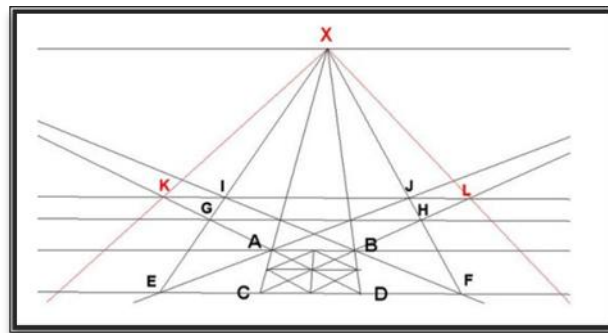
Desde el punto en el que se cruza la recta YA con la recta XE, punto **G**, dibujamos una línea recta hasta el punto **H**, en el que se cruza la recta ZB con la recta XF. Ahora tenemos los contornos de seis cuadrados, incluyendo el mallado mostrado en la superficie de la fotografía.



Para dibujar cuadrados más alejados, se continúa el proceso. Dibujamos una línea desde el punto **I** (punto en el que se cruza la recta YB con la recta XE) hasta el punto **J** (punto en el que se cruza la recta ZA, con la recta XF), de lo que resultan tres cuadrados más.

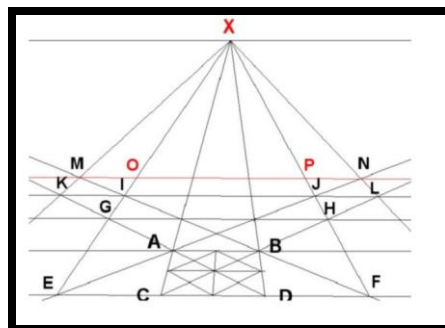


Ahora, unimos mediante una línea los puntos X y **K** (cruce de YA con IJ), y con otra línea unimos X con **L** (cruce de ZB con IJ).



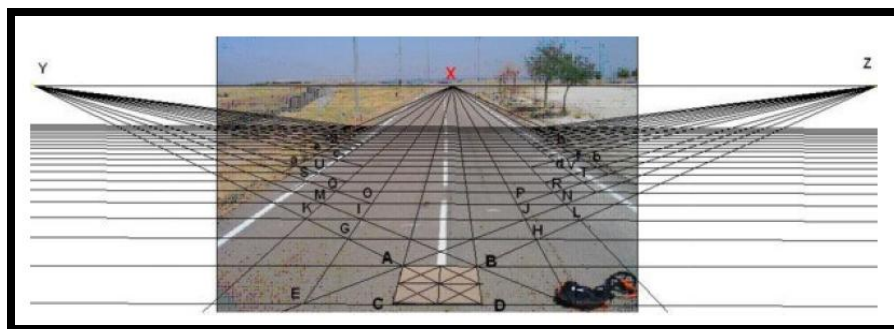
Paso quinto de la perspectiva mallada de la fotografía

Dibujamos otra línea desde **M** (cruce de XK con YB) hasta **N** (cruce de XL con ZA), y marcamos **O** y **P** en la intersección de esta recta con XE y XF respectivamente, sumando así otros conjuntos de cuadrados próximos.



Paso sexto de la perspectiva mallada de la fotografía

Dibujamos otra línea que cruce la fotografía desde **Q** (intersección de YO con XK) hasta **R** (intersección de ZP con XN) y unimos ambas con una recta, repitiendo el proceso hasta que la superficie de la fotografía se encuentre totalmente cubierta de cuadrados.



Dibujo final del mallado en la fotografía de la vía

Referencia: MONTES SOLIS, Manuel: Apoyos técnicos a la investigación, Escuela de Tráfico de la Guardia Civil, Mérida, (2005).

– Dibujar el plano.

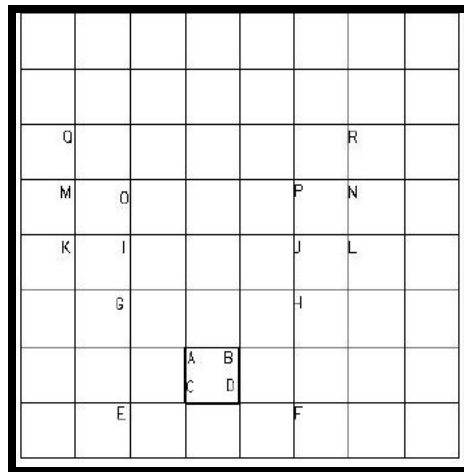
Ahora y sobre el croquis en el que queremos plasmar los objetos o vestigios de la fotografía, debemos trazar un mallado en correspondencia con el de la fotografía, anotando las letras de referencia y procediendo a realizar el dibujo.

Si todos los pasos explicados en el apartado anterior se realizan de forma cuidadosa, el método de la malla en perspectiva es sumamente exacto. El grado de exactitud del mismo en general, obtiene un error inferior al 5%.

Los dos factores que más influyen en el grado de precisión alcanzable son:

- Imprecisión en la determinación de las intersecciones de las líneas en los cuadrados más alejados. Se soluciona mediante la ampliación del fotograma, o, si es posible, mediante la toma de una nueva fotografía.
- Superficies no planas: En estos casos se introducen graves errores en la geometría de los fotogramas. Se soluciona tomando más fotografías, de forma que el campo abarcado por cada una de ellas pueda ser fácilmente asimilable a un plano. También se pierde precisión cuanto más lejos estén los puntos a localizar, cuánto más pequeña sea la cuadrícula y peor sea la nitidez de la fotografía.

Algunos aspectos a tener en cuenta para mejorar la precisión son tomar la fotografía desde una posición alta, situando la cuadrícula y cámara con precisión.



Dibujo del croquis ortogonal de la vía

Referencia: MONTES SOLIS, Manuel: Apoyos técnicos a la investigación, Escuela de Tráfico de la Guardia Civil, Mérida, (2005).

c). OTROS MÉTODOS

Matemático. Basado en el trabajo de R.L. Bleyl, con la ayuda de la Geometría, de los métodos numéricos y de un ordenador personal podemos transferir la localización de una superficie, en perspectiva en una fotografía, a un croquis o plano ortogonal. La idea es relacionar coordenadas cartesianas de puntos situados en la superficie plana de la fotografía con sus coordenadas cartesianas correspondientes en el croquis ortogonal. Esta relación se establece por medio de ecuaciones.

Folksan En Suecia, la Aseguradora Folksan y la Universidad de Tecnología de Chalmers, desarrollaron un método que permite que se utilicen las técnicas fotogramétricas para determinar y medir la deformación de los vehículos después de una colisión. Para ello se toman doce pares de fotografías del vehículo, de forma que todos sus costados queden reflejados, habiendo situado previamente una serie de objetivos codificados en el vehículo que se convertirán en los puntos de conexión para combinar las fotografías y una regla a escala cruzándolo, para que sirva como medida de control para el análisis fotogramétrico.

1.2.1.3. *Programas informáticos de fotogrametría*

Se describen a continuación algunos de los programas informáticos de fotogrametría más comúnmente utilizados para obtener mediciones útiles en la investigación de AT.

a) PC-RET

El programa (desarrollado por DSD), permite obtener una amplia información del lugar del siniestro sin necesidad de realizar un laborioso trabajo de campo, pues únicamente partiendo de una fotografía en la que se muestre un segmento de la vía en el que se hayan introducido cuatro puntos para que sirvan de referencia en la aplicación y que contenga todos los vestigios, se pueden obtener aquellos datos necesarios para el posterior estudio de reconstrucción. Incluso permite realizar montajes fotográficos a partir de dos o más imágenes, uniéndolas y exportando los resultados directamente a la aplicación PC-Crash o bien imprimiéndolos a escala en cualquier momento.

La aplicación tridimensional permite obtener modelos de cuerpos con volumen, así se puede efectuar la medición de las deformaciones sufridas por el vehículo, obteniendo un gráfico de contornos en medida real, que puede ser exportado a otros programas.

b) PHOTOMODELER

Es un programa diseñado para realizar mediciones y obtener modelos tridimensionales a partir de fotografías, permitiendo al usuario conseguir gran cantidad de información detallada en un corto intervalo de tiempo. Tan solo es necesario tomar varias fotografías de una escena o de un objeto para poder usar este programa.

Photomodeler combina las fotografías y localiza los puntos característicos en tres dimensiones. Las marcas se convierten en puntos, líneas o polígonos medidos con exactitud en un solo y unificado espacio tridimensional. El resultado final es un modelo 3-D que puede ser utilizado en otros programas gráficos o en aplicaciones de reconstrucción de AT.

c) iWITNESS

Este sistema se caracteriza por ser un programa informático de mediciones automáticas y fotogrametría.

El primero de estos avances concierne a la orientación inicial de la red, que es muy complicado para objetos casi planos en campos de puntos de los que se encuentran en la reconstrucción de accidentes. El segundo es la calibración completamente automática de la cámara para los modelos digitales empleados en iWitness.

Como iWitness ha sido creado, principalmente, para ser utilizado en las mediciones efectuadas en AT y otros usos forenses, genera nubes de puntos con atributos que pueden ser linealizados y exportados a un formato de datos compatible DXF. El sistema ha sido diseñado para poderse comunicar con aplicaciones CAD y paquetes de modelado tridimensional.

Las dos innovaciones descritas han conseguido que la fotogrametría digital terrestre próxima sea útil, precisa y flexible, empleando cámaras digitales comerciales. Según la compañía comercializadora, la combinación de este programa y una cámara fotográfica con una resolución superior a 3 megapixel permite a los usuarios de la fotogrametría llevar a cabo medidas que requieran una exactitud que alcanza el valor de 1:50.000 del tamaño del objeto.

1.2.2. Aplicación de las nuevas tecnologías en la realización de mediciones

Una buena investigación de un accidente de tráfico tiene que tener, inexorablemente como base, unas mediciones precisas de las PF de las unidades de tráfico implicadas, de la situación de huellas y restos, y del propio escenario, para a partir de ellas, generar un croquis a escala para acometer la tarea de explicar el cómo y el por qué sucedió el accidente.

En la actualidad se dispone de dos sistemas para realizar las mediciones:

1.2.2.1. *Sistemas de mediciones sobre la escena de un AT*

Para la medición de escenas de accidentes, además del método de la fotogrametría actualmente se utilizan las siguientes tecnologías:

– **Telémetro láser.**

La aplicación del telémetro láser a la investigación de AT presenta la ventaja de la precisión y ahorro de personal (las mediciones las efectúa un hombre solo), evita subjetividades y permite el registro automático de las medidas mediante sistemas informáticos. Un ejemplo es el UltraLyte, sistema portátil que además es un sistema de detección de velocidad por láser.

Existen dispositivos de medición de mano mediante pulso láser reflejado, en los cuales el operador debe orientarlo manualmente con la única ayuda de la visualización del láser-guía, sistema más económico pero con menos precisión y prestaciones que el anterior.

– **Inclinómetros (medidores de pendientes).**

Normalmente al estudiar la vía como elemento con posible influencia en un accidente, uno de los aspectos relevantes es la pendiente. Si no se dispone de este tipo de aparatos analógicos o digitales, la medición de pendientes puede efectuarse por métodos indirectos.

– **Instrumentos topográficos (estación total)**

La estación total es un instrumento topográfico, un teodolito electrónico al que se ha añadido un distanciómetro y un microprocesador, integrando en un solo equipo la medición electrónica de distancias y ángulos, que permite el archivo y transferencia de datos a un ordenador con software CAD, lográndose la confección de croquis de forma sencilla y exacta.

Este sistema tiene como ventajas su completa fiabilidad y la posibilidad de ser integrada con un sistema de localización vía satélite, y como inconvenientes su coste, dificultad de manejo y el hecho de ser necesarias dos personas para realizar el levantamiento.

– **Sistemas de medición por satélite**

Es un sistema de localización por satélite incorporado a un procesador que almacena la posición del operador sobre los puntos deseados. Para obtener la precisión necesaria (centimétrica) es necesario poseer dos dispositivos receptores, uno fijo sobre el vehículo y otro móvil con el que realizar la triangulación, al situarse sobre todos los punto a medir.

Entre las tecnologías ya utilizables en investigación de AT, se encuentra la fotografía aérea y vía satélite. Existen en Internet diversas páginas WEB que permiten visualizar imágenes tomadas desde satélites. A nivel mundial a través de “Google Earth” y su versión profesional de pago “Google Earth Pro”, y a nivel de España en la página del Ministerio de Agricultura “Sigpac”, se pueden obtener fotografías, teniendo esta última página diversas herramientas para realizar mediciones y hacer las veces de plano base para situar la escena de

un accidente, debiendo ser conscientes que el escenario ha podido cambiar desde la toma de la imagen, datos que habrá que contrastar.



Imagen de una carretera vía satélite

1.2.2.2. Instrumentos de medición y evaluación de daños en vehículos

En el caso de la medición de los desperfectos en los vehículos, se utilizan los siguientes medios:

– Bastón de medición tridimensional



Bastón de medición

<http://www.arcsecond.com/>

Vulcan, que es como se denomina comercialmente a este aparato, es una herramienta de medición tridimensional para realizar rápidos y precisos mapas electrónicos de la escena de un accidente de tráfico. Las medidas pueden ser introducidas directamente a CAD sin pérdidas adicionales de tiempo y reduciendo la posibilidad de errores en la traslación de las mismas. Según la empresa que lo comercializa, Arc Second, ha sido diseñado específicamente para profesionales que necesitan realizar mapas, croquis y planos pero que no necesitan o no quieren ser topógrafos profesionales.

– Soporte paralelo de medición de deformaciones.

DBD Crush Jig, denominación comercial de este aparato, simplifica las mediciones de las deformaciones que presentan los vehículos después de una colisión.

Es un conjunto de barras desmontable y se puede portar, previamente plegado, en una maleta. Su utilización es fácil y facilita, con grabación de video o fotografía, una posible prueba para su utilización en los Tribunales.



Soporte paralelo

<http://www.rudydegger.com>

2. ADQUISICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS MEDIANTE ENSAYOS EN LA VÍA

2.1. MODIFICACIONES EN LA VÍA

Podemos entender por *modificaciones en la vía*, a todos aquellos cambios que se han producido en el escenario de los hechos, y que han modificado la distribución y ubicación de huellas, vestigios, PF de personas, vehículos, efectos, restos en general, estado de la vía y sus consiguientes condiciones climatológicas y ambientales, así como su señalización y estado de elementos de la infraestructura viaria que caracterizan el tramo del accidente en el instante inmediatamente posterior a alcanzar el reposo todas las unidades de tráfico implicadas en el accidente y los posibles elementos desprendidos de éstos.

Estas modificaciones pueden ser:

- Por desplazamiento involuntario de vehículos, personas, vestigios y restos en general, que se llevan a cabo durante las labores de auxilio a las víctimas.
- Por eliminación voluntaria de “pruebas”, para obstaculizar la investigación.
- Por anulación o destrucción involuntaria de huellas o vestigios con ocasión del paso de vehículos por el lugar.
- Por el transcurso del tiempo que lleva consigo la pérdida del vestigio.
- Y por último, por falta del debido registro de la huella en el momento de llevar a cabo la inspección técnico-ocular, fruto de una incorrecta labor.

El investigador, debe contar con la posibilidad de que alguna de las anteriores circunstancias se haya producido, por lo que debe paliar en lo posible dichas carencias, en base a un adecuado interrogatorio de las primeras y posteriores fuerzas policiales que llegaron al lugar del accidente, conductores, usuarios, testigos, operarios de grúas, bomberos, sanitarios, así como cualquier otro que pudiera conocer datos al respecto. Otra forma de obtener esta información, será la derivada del adecuado y correcto análisis y valoración de otras pruebas (huellas o vestigios) ya conocidas, como por ejemplo la que resulte de cálculos físico-matemáticos, de la aplicación de programas informáticos de reconstrucción de accidentes, de la confrontación de pruebas, etc.

La información obtenida de este modo, va a ser determinante en algunos casos, ya que pueden modificar las hipótesis de trabajo que se barajan en el caso.

2.2. ENSAYOS DE FRENADA

2.2.1. Finalidades de los ensayos sobre la vía

Es importante recopilar, registrar y analizar la mayor cantidad de datos posibles sobre el accidente de tráfico investigado, pero la calidad de los datos introducidos y no solo la cantidad, es responsable también de la fiabilidad y exactitud de los resultados obtenidos. La realización de ensayos sobre la vía y a ser posible con el vehículo accidentado es una actividad del investigador que aumenta de forma considerable la calidad de los datos disponibles sobre un evento, permitiendo obtener la siguiente información:

- a) **Coefficiente de rozamiento del neumático sobre la superficie de la vía.** Esta medición ofrece mayor precisión que los datos obtenidos de tablas experimentales.
- b) **Determinación de la Posición de Percepción Posible (PPP).** Mediante la reconstrucción dinámica con el mismo vehículo, se pueden determinar datos sobre

cómo y por qué tuvo lugar el AT. Uno de los datos que permite investigar con arreglo a la teoría de la evolución del accidente, es la situación del PPP.

- c) **Coefficiente de rigidez de vehículo.** El comportamiento de un vehículo ante una colisión es un dato que también puede obtenerse de forma empírica, examinando con detalle los resultados obtenidos durante los Crash Test.

2.2.2. Aparatos utilizados para la realización de las mediciones en los ensayos sobre la vía

De entre los posibles instrumentos, los que con mayor frecuencia se utilizan en pruebas de frenada encaminadas a determinar las velocidades, espacios, tiempos, aceleraciones o deceleraciones sufridas y el coeficiente de rozamiento son:

a) Acelerómetros



Acelerómetro Vericom VC-4000

Vericom Computers, Inc., Santiago Rd, Suite 200 - Rogers, MN 55374

Entre estos, se encuentra el Vericom VC-4000, que es un “acelerómetro electrónico” que mide la aceleración, en términos de fuerza G en una dirección única. Una vez instalado en el interior del vehículo, registra la medición de la aceleración o deceleración instantánea del mismo durante su movimiento con velocidad variable de aceleración o frenado.

El aparato, no mide velocidad o distancia directamente, sólo registra aceleraciones y tiempos, y posteriormente utiliza estos datos para calcular la velocidad, distancia y tiempo. Determinando los valores de la aceleración 100 veces por segundo, permite conocer la evolución de estos parámetros en una frenada, calculando los cambios de velocidad.

b) Medidores de G

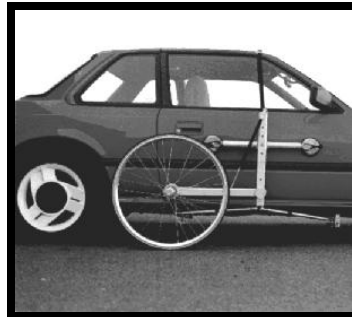


Aparato de la casa g-Analyst

El medidor-g es un aparato electrónico cuyo propósito es medir y grabar las aceleraciones de un vehículo durante su movimiento. La forma de presentar esta lectura se realiza en función de unidades G, donde esta última es igual a la aceleración de la gravedad.

De esta forma, cuando se utiliza en ensayos de huellas, los valores de G que proporciona el medidor son equivalentes al coeficiente de rozamiento (recordando la formula $a = \mu g$). En resumen se trata de un acelerómetro con determinadas características.

c) Velocímetro



The MacInnis "Fifth-Wheel"

Los velocímetros sirven para realizar medidas de la velocidad del vehículo y a partir de su conexión a otro tipo de aparatos realizar un historiograma de la evolución de determinadas variables. El aparato de la fotografía es comercializado por la empresa MacInnis Engineering Associates, #11-11151 Horseshoe Way, Richmond, BC, V7A 4S5, Canada.

d) Péndulo

En Gran Bretaña existe un instrumento que realiza las mediciones de las aceleraciones basándose en la teoría del movimiento pendular. La información del péndulo británico puede obtenerse a través de la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (American Society for Testing and Materials, ASTM), cuya página web se encuentra al final de este capítulo. La normalización de la ASTM puede adquirirse en librerías especializadas. El ensayo con el péndulo británico esta normalizado por este Instituto en 1993, bajo la denominación ASTM E303-93 y con el título normalización del método de ensayo para la medición de las propiedades de rozamiento de las superficies pavimentadas utilizando el medidor portátil británico.

e) Pistola de tiza (chalk gun)

La pistola de tiza es un elemento que se utiliza en combinación con todo tipo de acelerómetros, conectada al pedal del freno. Su mecanismo es sencillo: una vez que se pisa el freno a fondo, se activa el disparador de la pistola y la tiza cae en la vía señalando el lugar donde el vehículo ha comenzado a frenar. Este dato es necesario para medir la longitud completa de la frenada más allá de la huella dejada por el vehículo.

2.2.3. Método de realización de los ensayos sobre la vía

En este epígrafe se incluye la forma en la que se deben realizar los ensayos tanto para determinar la deceleración de un vehículo como para establecer la localización del PPP.

a) Ensayos de pruebas de frenada para determinar deceleraciones y coeficientes de rozamiento.

Con el objeto de analizar el proceso real de frenado de un vehículo y determinar experimentalmente los parámetros antes comentados, que deben adoptarse para los cálculos de velocidades, se han llevado a cabo diferentes ensayos de frenado, controlando los

parámetros fundamentales que intervienen, sirviendo también para validar experimentalmente los modelos de frenada desarrollados analíticamente en el apartado anterior.

Los dos equipos de medida empleados durante las pruebas fueron un equipo acelerómetro y un mecanismo de pistola de tiza. El acelerómetro empleado durante los ensayos fue el modelo VC-2000, de la firma Vericom.

Las variables directas e indirectas que nos proporciona el equipo tras la realización de las pruebas son: velocidad real al inicio de la frenada, distancia total de detención, tiempo total de duración de la frenada, valor medio de la deceleración y valor máximo de la deceleración alcanzado durante la frenada.

Del análisis realizado se desprende que no se observa gran dependencia del valor del coeficiente de rozamiento con relación a la velocidad inicial del vehículo. Únicamente, se ha puesto de manifiesto una ligera disminución del coeficiente conforme aumenta la velocidad. Tampoco se aprecia de los resultados de los ensayos realizados con diferentes vehículos sobre una misma superficie, una dependencia clara del coeficiente de rozamiento medio respecto al vehículo o a los neumáticos que portaba.

No obstante, cuando el perito reconstructor estime que la velocidad del vehículo durante el accidente fue sensiblemente superior a la registrada por el acelerómetro durante la prueba de frenado, sería aconsejable disminuir en 0,1 el valor del coeficiente de rozamiento medio indicado por el acelerómetro con objeto de tener la certeza de no sobrestimar el cálculo de la velocidad por este motivo.

b) Ensayos y grabaciones sobre la vía para determinar el PPP en la evolución del accidente

El método práctico de determinación de puntos y posiciones de la Teoría de la Evolución del Accidente, se lleva a cabo de la forma siguiente: primero, dentro del proceso material de la investigación, concretamente en la inspección de la vía, y segundo, en tareas complementarias de gabinete consistentes en la realización de gráficos y cálculos analíticos que nos faciliten numéricamente coordenadas, tiempos y velocidades de los vehículos y peatones implicados en el accidente.

Respecto a la determinación del PPP, en principio, no podemos establecer más que el punto en el espacio, es decir, el lugar de la vía donde pudo ser observado o percibido el peligro o la situación anómala. Todos los autores destacan la objetividad de este punto, pero es necesario introducir un importante matiz: la percepción está íntimamente relacionada con el movimiento. En un accidente de tráfico, por lógica y por definición, al menos un conductor ha de percibir estando en movimiento. El material disponible hasta hace bien poco no permitía más que realizar el mismo itinerario a una velocidad aproximada a la que circulaba el vehículo accidentado intentando determinar aproximadamente donde se encontraba ese punto.

La aplicación de la tecnología de video a la investigación de los accidentes de tráfico nos brinda la solución.

La grabación del itinerario próximo de acercamiento de cada unidad de tráfico a la zona del accidente, se realiza circulando a una velocidad aproximadamente igual a la que se movía el vehículo accidentado o, en todo caso, a la máxima permitida en ese tramo de la vía. Lo ideal sería efectuar la grabación con el mismo vehículo accidentado y en su defecto, con un vehículo de la misma marca, modelo y año de fabricación. Si no es posible, se debería utilizar un vehículo lo más parecido posible al accidentado. Otro detalle a tener en cuenta para

realizar la grabación, es que las circunstancias ambientales deberían ser semejantes a las existentes en el momento del accidente. Como último requisito, nos faltaría simular las mismas circunstancias anómalas o el peligro detonante del accidente de tráfico, respetando la seguridad vial en la vía.

Hay que realizar una segunda grabación del mismo tramo de vía, pero esta vez situados detrás de un vehículo que circule normalmente por la carretera y sin que su conductor sepa que se le está grabando (así se comportará de una forma normal en la manera de conducir el vehículo), comprobando de esta forma si la forma de actuar y conducir el vehículo accidentado se corresponden con la forma normal observada. También es útil para comprobar el grado de influencia de la carretera en un determinado accidente, o como los vehículos pesados circulan por el tramo objeto de la grabación.

2.3. PRUEBAS DE ALCOHOLEMIA SUBJETIVAS

2.3.1. Exploración Básica de Síntomas de Deterioro Alcohólico

En la Revista de Tráfico (marzo-1994) se publicó un artículo bajo el título “Los signos del Alcohol”, en el que se anunciaba un prototipo de validación de un test de sobriedad o deterioro alcohólico, realizándose ensayos de campo en trece provincias españolas elegidas al azar. La prueba tenía carácter voluntario y anónimo durante aquella fase de ensayo. Los test fueron llevados a cabo por agentes de la Guardia Civil preparados al afecto mediante un curso, cuyo objetivo primordial fue conseguir la uniformidad de criterios. Se trataba de conseguir un complemento a la prueba de alcoholemia en aire espirado.

En Estados Unidos existe un Test de Campo Estandarizado de Sobriedad, (standardized field sobriety test, SFST), que se compone de tres partes: el test de nistagmo horizontal, el test de “camine y vuelva” y, finalmente, el test de permanencia en una sola pierna. Los conocimientos sobre este test están ampliamente difundidos entre jueces, fiscales, abogados y agentes de policía. Para su enseñanza, la Administración Nacional de Tráfico y Seguridad Vial ha editado un Manual de Estudiante en el que se detallan cada una de las pruebas que componen el citado Test, que no presentan grandes diferencias con el desarrollado en España.

Existe un esfuerzo a nivel internacional por conseguir un protocolo unificado de evaluación de la influencia del alcohol y las drogas en los conductores de vehículos, y así en el XXXV Congreso Internacional sobre Dependencias de Alcohol y Drogas, celebrado en Oslo en 1988 se presentó un test de dieciocho pruebas para su utilización por los Agentes encargados de la vigilancia del tráfico en orden a la determinación de la influencia del alcohol y las drogas en los conductores de vehículos a motor.

El denominado test de deterioro alcohólico se basa en el análisis de determinados signos externos que suelen presentar las personas que han bebido demasiado para conducir.

En total son siete los aspectos a observar:

TEST DE DETERIORO ALCOHOLICO

1. COORDINACIÓN Y EQUILIBRIO.
2. EXPLORACIÓN DEL NISTAGMO
3. ASPECTO DE LA CARA.
4. ALIENTO A ALCOHOL.
5. VÓMITO CON OLOR A ALCOHOL.
6. LENGUAJE.
7. COMPORTAMIENTO.



Foto: NHTSA

Test de deterioro alcohólico

El desarrollo detallado del test de deterioro alcohólico es el siguiente:

COORDINACIÓN Y EQUILIBRIO.

Coloque al sujeto de pie con los pies juntos. Déjele en esa posición durante unos 15 segundos y luego dígame que cierre los ojos. Observe durante otros 15 segundos aproximadamente si pierde el equilibrio aunque no llegue a caerse. Se puede solicitar que sitúe un pie en alto y cargue el peso en una sola pierna (The One-Leg Stand test).

Hágale caminar por una línea recta colocando cada pie por delante del otro, juntando talón y punta de los pies. Cuide que mantenga los brazos pegados al cuerpo. Pídale que realice nuevos pasos en línea recta y después gire sobre un pie, regresando de nuevo al comienzo. Explique la prueba simultáneamente a su ejecución (The walk and turn test).

Prueba índice-nariz. Con los ojos abiertos y con los ojos cerrados. Pida al sujeto que se lleve el dedo índice de su mano a la punta de la nariz, primero con una mano y luego con la contraria. Repita a continuación la prueba ahora con los ojos cerrados.

Prueba de prono-supinación (dorso-palma). Invite al sujeto a estirar los brazos horizontalmente hacia delante y a mover las manos mostrando primero hacia arriba las palmas y luego los dorsos sucesivamente de modo rápido y continuado varias veces.

EXPLORACIÓN DEL NISTAGMO.

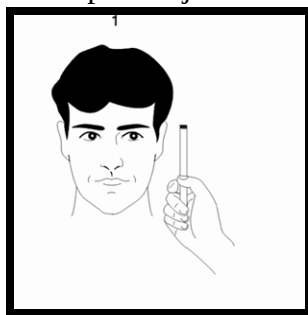
El nistagmo es un involuntario movimiento nervioso y oscilante de la pupila que ocurre cuando hay una perturbación del sistema (vestibular) o del control oculomotor del ojo. El nistagmo horizontal (horizontal gaze nystagmus, HGN) se refiere al movimiento nervioso lateral u horizontal cuando el ojo se desplaza hacia un lado. En el contexto de los riesgos de la conducción, el consumo de alcohol o de cualquier otra sustancia depresora del sistema nervioso central afecta a la capacidad del cerebro para controlar correctamente los músculos oculares, por este motivo se causan los espasmos o rebotes asociados con el HGN. Cuando el nivel de alcoholemia es mayor, el movimiento se hace nervioso y oscilante, y el nistagmo es más pronunciado. Este fenómeno puede ser observado mediante el test de nistagmo horizontal.

Para describir este Test utilizamos el Manual para Jueces, Fiscales y Agentes de la Autoridad, editado por el Instituto de Investigación de Fiscales Americanos.

El **test de nistagmo** es muy fácil de ejecutar. El Agente se asegurará que puede observar claramente los ojos de la persona que realiza la prueba. Esto puede conseguirse

realizandola en un area iluminada o utilizando una linterna. La persona no puede estar situada frente a las luces de emergencia del vehículo policial ni frente a vehículos pasando porque le podrían causar nistagmo optocinético. El sujeto no tiene porque estar de pie, pudiendo incluso permanecer sentado.

Antes de comprobar los ojos de la persona, deberá quitarse las gafas, en caso de que las use. Igualmente, no puede llevarse a cabo esta prueba mientras una persona utilice sus lentillas, especialmente, si son duras. El Agente preguntará a la persona si esta sometida a un tratamiento médico que haga desaconsejable ser sometido al test o que de otro modo podría interferir en la prueba. El Agente dará cuenta en la diligencia correspondiente del motivo alegado por la persona si le imposibilitara llevar a cabo el test. Si la alegación es padecer nistagmo natural o cualquier otra condición que pueda afectar al resultado de la prueba, esta se llevará a cabo pero dejando constancia en la diligencia del motivo aducido por la persona.



Test del nistagmo (1)

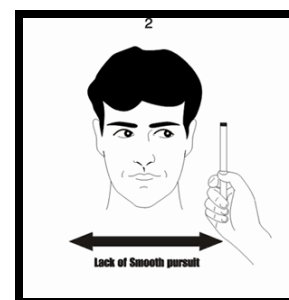
Dibujos: Horizontal Gaze Nystagmus

El test HGN requiere solo un objeto que el sujeto debe seguir con sus ojos, por ejemplo, un bolígrafo. El Agente debe situar el objeto a una distancia entre 30 y 40 centímetros, y levemente más alto que el nivel del ojo. Situando el objeto de esta forma se consigue que la persona abra más los ojos haciendo más fácil la observación del movimiento de la pupila. El Agente instruirá a la persona para que siga el objeto solamente con los ojos sin mover la cabeza.

Una vez situado el objeto, el Agente comprobará los signos de influencia del alcohol. Primero, el movimiento simultáneo de los dos ojos moviendo rápidamente el objeto por todo el campo de visión. Segundo, verificará que las pupilas tienen igual tamaño. La falta de movimientos simultáneos o desigual tamaño en las pupilas son signos de anormalidades médicas que hacen desaconsejable llevar a cabo este test.

La prueba consta de los siguientes pasos:

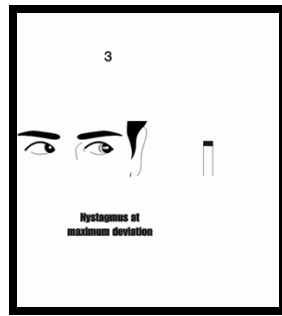
1) Falta de seguimiento lento. Mover el objeto lenta y continuamente desde el centro del campo de visión del sujeto hacia su izquierda. El ojo izquierdo debería seguir lentamente el objeto, en caso contrario si el ojo exhibe nistagmo, el Agente dejará constancia de esta circunstancia. Posteriormente realizará la misma operación con el ojo derecho.



Test del nistagmo (2)

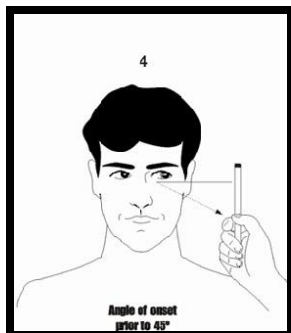
2) Nistagmo claro en el ángulo máximo. Comenzando desde el centro de la cara, mover el objeto recto hacia la oreja izquierda, llevando la pupila tan lejos como sea posible, y manteniendo en esta posición el objeto durante cuatro segundos para asegurar que un movimiento rápido no ha sido la causa de este nistagmo. Posteriormente realizar la

misma operación con el ojo derecho. Este nistagmo es denominado también de “punto-final”.



Test del nistagmo (3)

3) Nistagmo observable al situar un objeto en un ángulo menor de cuarenta y cinco grados. El agente mueve el objeto a una velocidad en la cual tarde cuatro segundos en alcanzar su clavícula izquierda formando un ángulo aproximado de 45°.



Test del nistagmo (4).

El agente puede comprobar, también, el nistagmo vertical subiendo el objeto unos centímetros por encima de los ojos de la persona. Esta prueba no forma parte del test de nistagmo, ni por lo tanto del test de sobriedad. A pesar de esto, el nistagmo vertical es un buen indicador de consumo de grandes dosis de alcohol, de otros depresores del sistema nervioso central, de inhalantes, y el consumo de penicilina. El Agente puede anotar su observación en la casilla de notas, y hacerlo constar en sus diligencias.

ASPECTO FACIAL.

Enrojecimiento de la cara. ¿Hay enrojecimiento en los pómulos, orejas o nariz?

Enrojecimiento de los ojos. Fíjese en la conjuntiva de los ojos. ¿Tiene color amarillento con pequeños vasos sanguíneos o manchas rojizas en la superficie?

ALIENTO.

Comprobar si el aliento de la persona explorada tiene olor a alcohol.

VÓMITO.

En el caso de existir vómito, comprobar si tiene olor a alcohol.

LENGUAJE.

Difícil. ¿Le cuesta pronunciar las palabras? ¿las entrecorta? ¿no le salen con facilidad?

Excesivo / incoherente. ¿Habla excesivamente? ¿sin sentido? ¿resulta difícil interrumpirle?

COMPORTAMIENTO.

Actitud agresiva. ¿se muestra arrogante, orgulloso, despreciativo o insolente?

Actitud excesivamente sociable, muy simpático, su trato es como de amigos de toda la vida. Eufórico, muy contento.

Responde lentamente a cuanto se le pregunta, como si estuviera durmiéndose. Los movimientos que hace son anormalmente lentos.

Caben también versiones reducidas del test de sobriedad, así en Estados Unidos, la NHTSA ha desarrollado un procedimiento operativo que denomina, prueba de campo estandarizada de sobriedad (Standardized Field Sobriety Tests, SFST), que se compone de los

test denominados, de nistagmo (HGN), el test camina y retorna (Walk-and-Turn) y el test de permanecer con el peso en una sola pierna (One-Leg Stand). Todos estos test formaban parte del experimento de campo llevado a cabo en España y descrito más arriba.

SÍNTOMAS INVESTIGADOS	GRADO DE ALCOHOLIZACIÓN		
	Ligero	Medio	Intenso
Color de la cara:			
Normal	-	-	-
Pálida	-	X	-
Enrojecida	X	X	-
Abotargada	-	-	X
Vómitos o signos de su existencia.			
Olor a alcohol del aliento:			
Falta	-	-	-
Existente	X	XX	XXX
Vestiduras:			
Ordenadas	-	-	-
Desordenadas	-	(X)	XX
Comportamiento:			
Correcto	-	-	-
Charlatán	X	XX	-
Excitado	-	XX	Comportamiento grave
Paso:			
Seguro	X	-	-
Inseguro	-	X	XXX tendencia caída
Signo de Romberg (Incapacidad de mantenerse vertical cuando, con los ojos cerrados, se juntan los pies):			
Negativo	X	-	-
Positivo	-	XX	XX
Paso de la raya:			
Regular	X	-	-
Oscilante	-	X	-
Prueba dedo a dedo:			
Segura	X	-	-
Insegura	-	X	XX
Levantamiento de pequeños objetos:			
Seguro	X	-	-
Inseguro	-	X	XX
Nistagmo (movimientos oculares de pupila):			
Falta	-	X	-
Existente	X	XX	XXX

Lenguaje:			
Claro	X	X	-
Balbuciente	-	-	XX
Pulso:			
Normal	X	-	-
Acelerado	-	X	XX
Reacción pupilar a la luz:			
Rápida	X	-	-
Retrasada	-	X	XX
Orientación en tiempo y espacio:			
Clara	X	X	-
Confusa	-	(X)	XX
Inexistente	-	-	XXX
Discernimiento:			
Claro	X	-	-
Confuso	-	(X)	XX
Capacidad de calcular:			
Existente	X	(X)	-
Inexistente	-	(X)	XXX

Síntomas externos en atención al grado de alcoholización

Fuente: Sancho Soria, José Luis: Jornadas sobre Alcoholemia y su incidencia en la Seguridad Vial. Madrid. 1984.

CAPÍTULO VIII: LA INFORMACIÓN. RECOGIDA Y REGISTRO DE DATOS

1. LA INFORMACIÓN: RECOGIDA Y REGISTRO DE DATOS

1.1. INTRODUCCIÓN

Resueltas las actividades prioritarias en los primeros momentos después del accidente, se inicia la recogida y registro de datos de información.

1.1.1. ¿Qué datos se deben recoger?

En principio se deben recoger cuantos datos de información den respuesta a las siguientes preguntas:

- **¿Dónde?** Se ha producido el accidente, es decir el lugar.
- **¿Cuándo?** Lo que nos llevará a averiguar la hora y fecha, así como cuales eran las condiciones ambientales y atmosféricas en dichos momentos sobre la vía.
- **¿Quién?** Está implicado en el accidente y por ello puede haber resultado herido, o fallecido; o se encuentra bajo los efectos del alcohol u otras sustancias que pueden influir en la conducción.
- **¿Qué?** Vehículo, bien material o animal, puede haber resultado dañado y quién es su titular.
- **¿Cómo?** se produjo el accidente, es decir, cuál es el tipo o clase de accidente según la clasificación normativa a efectos estadísticos.
- **¿Por qué?** Se produjo el accidente, o lo que es lo mismo, cuál es *la causa* concreta y precisa que lo ha motivado.

1.1.2. ¿Cómo se pueden obtener esos datos?

Para obtener esos datos, es imprescindible utilizar un *protocolo* o forma ordenada y metódica de llevar a cabo la recogida de información.

1.2. MÉTODO DE TRABAJO EN LA INVESTIGACIÓN (PROTOCOLO DE INTERVENCIÓN)

La investigación de accidentes, engloba una serie de secuencias ordenadas que partiendo de la situación en la base del investigador, pasando por las labores de campo en el lugar de los hechos, consistentes fundamentalmente en observar, recoger y registrar, llegar a analizar de forma exhaustiva los datos de un accidente y finalizar con la emisión de conclusiones que determinen las causas; para que no se omita acto alguno de la investigación, se necesita de un Protocolo de Intervención, según el *esquema* que se va a desarrollar:

1.2.1. Pre-intervención

El investigador, ya se encuentre en la base o en otro lugar, habrá de tener en cuenta las siguientes premisas:

1. Al iniciar su actividad. Habrá de tener el vehículo perfectamente equipado, tanto en orden de marcha de éste, como del material necesario para el desempeño de su actividad.

2. Al recibir la noticia del suceso. Tendrá que decidir las acciones a realizar y el orden de llevarlas a la práctica, conociendo para ello las normas de actuación establecidas.

1.2.2. Labores de campo

Desde el mismo momento en que el Investigador se aproxima al escenario de los hechos, deberá estar atento a cuantos *vehículos* se alejen del lugar (en sentido contrario) con signos de haber sufrido recientes daños, y de sus *conductores*, si notare en ellos una circunstancia distinta a la esperada del comportamiento normal de un conductor.

- **En la comparecencia en el lugar de los hechos**, llevará a cabo lo siguiente:

1. *Adoptar precauciones de seguridad.* Para ello analizará la situación y sus peligros potenciales, teniendo como objetivo que el accidente no adquiera mayores proporciones, así como que no se produzcan nuevos siniestros, concretándolo a través de la *señalización del entorno del accidente* y de la *planificación de itinerarios alternativos*. Para conseguir lo anterior, deberá tener presente cuanto se dispone en la Ley 2/86 de F.C.S. y en concreto en el **artículo 5 “Principios básicos de actuación”**.

2. *Organizar la colaboración espontánea de personas.* Previo análisis, decidirá su procedencia y en caso positivo recabará la precisa, distribuyendo las tareas a realizar.

3. *Identificar a los agentes allí presentes, así como al personal de asistencia e intervención en carretera.*

4. *Solicitar los servicios de urgencia necesarios y organizar su intervención, con la premisa de la actuación bajo los principios de coordinación y competencia.* Estimando los servicios que serían necesarios, acordará los medios de urgencia para la evacuación, organizando al efecto los servicios de ambulancias y helicóptero, bomberos, grúas, etc. Todo ello en virtud de las competencias otorgadas a los agentes responsables del control del tráfico en los artículos 5 y 68 del Reglamento General de Circulación.

5. *Custodiar personas accidentadas (en especial menores, ancianos y discapacitados) o animales.* Para ello debe adquirir técnicas básicas para tratar personas, detectando quienes necesitan protección; dispondrá de una relación de centros de acogida a los que trasladarlos; elegir el método adecuado para el aviso a familiares.

6. *Proteger los bienes de los implicados en el hecho.* Inventariando los bienes susceptibles de desaparición y entregarlos bajo recibo.

7. *Limpiar la calzada de restos del accidente.* Estando la circulación regulada por Agentes y señalización provisional necesaria y previa recogida de datos, autorizar a la limpieza de la calzada por personal técnico (bomberos, mantenimiento de carreteras, etc.).

8. *Ayudar a que los afectados tomen datos cuando proceda y a cumplimentar impresos.* Informará a los implicados de los datos necesarios que se deben intercambiar y de los procedimientos legales y de tramitación administrativa.

- **Investigación del factor humano.** Con respecto a las personas implicadas en el accidente, el investigador tendrá en cuenta:

9. *Localizar y registrar las posiciones finales de personas y efectos personales.* Una labor imprescindible para la investigación y reconstrucción del AT, es lograr la correcta ubicación, en su posición final, de las personas y objetos que portaren.

10. *Localizar e identificar a todos los implicados en el suceso y testigos del mismo.* Habrá que localizar e identificar plenamente a los implicados, tomándoles la manifestación correspondiente relacionada con el suceso. Igualmente importante es detectar e identificar testigos del suceso, así como determinar su ubicación en el momento del siniestro y tomarles testimonio. No olvidar que cada manifestación habrá de ser comprobada.

11. *Práctica de pruebas de alcoholemia y drogas.* Ha de someterse a dicha prueba a los conductores y responsables del accidente cuando proceda legal y reglamentariamente.

- ***Investigación del vehículo.*** Un vehículo contiene información suficiente como para llegar a conclusiones importantes respecto al accidente sufrido. Esa información la obtendremos del *reconocimiento del vehículo*, a través de un examen detallado:

12. *Determinar la posición final (PF) de vehículos, y en ocasiones objetos.* Situar y fotografiar los vehículos en la PF y si hubiesen sido movidos de la misma, deducir su ubicación exacta interrogando a los implicados, testigos y personas presentes en el lugar. Procede, asimismo, confrontar los daños de vehículos u objetos, para corroborar la forma del AT.

13. *Comprobar los órganos mecánicos de los vehículos.* Constatar el estado de los vehículos en su PF (posición de los mandos, daños, carga, situación pasajeros, etc.) y averiguar el estado que tenían antes de la colisión los órganos principales (dirección, frenos, suspensión, neumáticos, etc.).

14. *Estado y características de los neumáticos de los vehículos.* Merecen una particular atención, pues es el único órgano del vehículo que está en contacto con la vía. Hay que determinar las características, presión, estado del dibujo y normas de fabricación (códigos de velocidad y peso); reconocer las anomalías que puede presentar.

15. *Comprobar el sistema de alumbrado y señalización de los vehículos.* Anotar las posiciones de los interruptores de alumbrado, así como las partes que se encuentren dañadas, recogiendo en su caso las bombillas o restos, así como el cableado que se encuentre quemado, para su envío al laboratorio.

16. *Verificar la instalación del tacógrafo y recogida de datos.* Se investigará la posibilidad de manipulaciones, examinando los discos diagramas o los registros del tacógrafo digital y constatando los datos proporcionados por el mismo con el desarrollo del suceso.

17. *Descripción de los daños producidos.* La exhaustiva reseña de dichos daños, facilitará la posterior reconstrucción del accidente y puede contribuir a evitar intentos de estafa a las aseguradoras.

- ***Investigación de la vía.*** Dentro de los factores que intervienen en el AT, *la vía* es el más estable. En ocasiones influye en el evento, primordialmente a través de su *constitución y estado, configuración geométrica o trazado, y señalización*.

18. *Identificar marcas y huellas.* Medir, situar en el boceto y fotografiar los vestigios, reconociendo los diferentes tipos y relacionándolos con los vehículos implicados.

19. *Determinar el punto de colisión o lugar del suceso (PC).* Deducir la forma de la colisión identificando y fotografiándolo el PC sobre la vía.

20. *Anotar la señalización que presenta el tramo escenario del accidente.* Examinar el lugar con suficiente amplitud en ambos sentidos, anotando la señalización que le afecta, con las incidencias de ubicación, visibilidad o estado que ésta pueda presentar.

21. *Averiguar y registrar las condiciones atmosféricas y ambientales de la vía.* Tener presente que dichas circunstancias pueden modificar las condiciones iniciales de la vía y que las observadas pueden diferir sustancialmente de las que concurrían en el momento del AT.

22. *Averiguar el coeficiente de fricción del pavimento.* Teniendo en cuenta los conocimientos básicos de física y dinámica y tras identificar el tipo de pavimento y el neumático, utilizar las tablas existentes u otros medios tecnológicos para averiguar el

coeficiente de fricción. Determinar elementos externos que influyen en el pavimento (agua, grasas, nieve, etc.).

23. *Determinar la posición de percepción posible (PPP)*. Identificar la posible PPP tras comprobar la relación entre la configuración geométrica de la vía y terreno colindante, con las circunstancias concretas del accidente, registrando la distancia desde éste al PC.

24. *Determinar la posición de percepción real (PPR)*. Determinar el inicio de marcas en la calzada y a partir de éstas, por cálculos físico-dinámicos y teniendo en cuenta los tiempos de reacción y de respuesta de los elementos de frenado averiguar el PPR.

25. *Medir pendiente, rampa, peralte y radio de las curvas*. Recordar procedimientos de medición y métodos de cálculo, o en su caso, verificar planos de construcción de vía.

26. *Confección del boceto del lugar del suceso*. Esta confección se llevará a cabo desde el inicio de la inspección ocular y sobre él se irán anotando las posiciones, ubicaciones de huellas y vestigios, medidas, etc., y en todo caso siempre antes de que sean modificados datos relevantes; identificar puntos fijos y a partir de éstos, por el sistema de coordenadas cartesianas o triangulación tomar todas las medidas de ubicación de posiciones finales, huellas, restos, vestigios y cuanta información se pueda aportar a la investigación; mediciones de la geometría de la vía, márgenes y terrenos o edificaciones colindantes.

- **Verificación sistemática. Práctica de Pericias.** Realización de pericias de propia ciencia del investigador o solicitadas a expertos, peritos o talleres acreditados.

27. *Obtener la opinión médica sobre las lesiones de las personas*. Establecer los elementos de los vehículos causantes de las lesiones por contraste; interpretar las explicaciones médicas del origen de las lesiones y recoger a poder ser los partes médicos.

28. *Consultar a mecánicos o peritos acerca de los daños del vehículo*. Detectar indicios que precisen informe pericial, previa autorización judicial. Recoger conclusiones de peritos sobre esas investigaciones y valorarlas dentro del proceso de investigación.

29. *Realización práctica de pruebas*. Comprobaciones sencillas de los mecanismos de frenado, dirección y suspensión; con medios técnicos o con el propio vehículo u otro de similares características (marca, modelo y neumáticos), realizar cuando fuere necesario, en el lugar de los hechos y en condiciones climatológicas iguales, pruebas de frenada para el cálculo del coeficiente de rozamiento.

1.2.3. Labores de gabinete

Obtenida la información en la fase de campo, la siguiente tarea es analizarla con el fin de averiguar la respuesta a dos de las preguntas principales que se formula todo analista, *Cómo y Porqué se produjo el accidente*, es decir *la tipología y la causa* del accidente.

- **Investigación-Dedución Técnica.** En apartados anteriores se han realizado acciones consistentes en la *verificación sistemática o práctica de pericias* de las que se han obtenido unos primeros datos, que en ésta fase van a valorarse dentro del proceso de investigación, complementados con cálculos al respecto.

30. *Calcular el centro de gravedad de los vehículos*. Con los datos facilitados por los fabricantes y en función de la carga, ocupantes y distribución en el vehículo, aplicar métodos sencillos, generalmente expresados en tantos por ciento con respecto a ejes o ruedas.

31. *Cálculo de velocidades: inicial, pre-impacto, post-impacto, límite en curva y límite al vuelco*. Teniendo presente las nociones de física-mecánica y con los datos de huellas de

fricción, desperfectos, rotaciones, etc., calcular las velocidades residuales, en conflicto e iniciales de los móviles, pudiéndose ayudar de programas informáticos.

32. *Confección del croquis del lugar del suceso.* Teniendo como referente el boceto y los datos que le acompañan, aplicando conocimientos de dibujo (trazados en planta y perfil, escalas, trazado de curvas, etc.) y en su caso mediante programas informáticos de diseño gráfico, realizar un plano sencillo, orientado al *norte* y detallado con la leyenda explicativa del suceso. Se confeccionará a una escala exacta (jamás “aproximada”), y cuando sea preciso, se acotarán aquellas medidas que no tengan que acomodarse a la escala del croquis.

33. *Confección del Informe Fotográfico.* Se confeccionará con las fotografías tomadas de la vía y su señalización, huellas y vestigios, daños de los vehículos y de otros elementos que hayan interactuado con el vehículo. Deberán fotografiarse, asimismo, las lesiones, posición final y, cuando proceda, la identificación de las víctimas mortales.

- **Reconstrucción del accidente.** Es decir, la *reposición de cada elemento que intervino en él, para cada momento y lugar*, principalmente *antes, durante y después* de la colisión, adjudicándosele a cada *unidad de tráfico* un comportamiento u otro con respecto a su “*itinere*” (reflejado en el croquis), en función de las acciones (evasivas) y sus resultados, teniendo presente la *Teoría de la Evolución del Accidente*.

34. *Determinar la posición de las unidades de tráfico y elementos análogos al impacto.* Reconstruir el “*itinere*”, posición a posición (fundamentalmente la *inicial, en conflicto* y la *final*), analizando huellas, vestigios y restos observados en la calzada, así como los daños sufridos por los vehículos y la correspondencia de unos con otros, de vehículos, peatones u objetos que interactúen en el evento, determinando fielmente el *punto de conflicto* (PC).

35. *Reconstruir el hecho o alguna de sus circunstancias.* Aislar todas las circunstancias del hecho para reconstruirlas, desarrollando hipótesis sobre el modo de producirse el AT.

36. *Establecer hipótesis sobre el cómo se produjo el accidente.* En función de las trayectorias iniciales, de la ubicación de la PC, del contraste de los daños, de las trayectorias post-colisión y posiciones finales – sin olvidar las líneas de fuerza – llegar a determinar la tipología del accidente. Para el estudio del *Cómo* se deberán utilizar programas informáticos de reconstrucción de accidentes y/o realizar cálculos analíticos de física y dinámica.

- **Causas del accidente.** Conocida la tipología del accidente, la siguiente misión es determinar el *porqué se produjo el siniestro*, es decir, la *causa o causas* del mismo.

37. *Establecer hipótesis sobre el porqué se produjo el accidente.* En función de la información obtenida, analizar las fases del suceso, valorando acciones, comportamientos y reacciones de las personas y elementos considerados en la *Teoría de la Evolución del Accidente* y llegar al establecimiento de las causas que intervinieron en el mismo.

38. *Detectar errores o fallos humanos e identificarlos con causas mediatas o inmediatas.* Realizar una particular referencia al factor hombre, recordando la normativa aplicable y comprobando las declaraciones de los implicados; “*itinere*” seguido en la evolución del AT; posibles infracciones o responsabilidades debidas a fallos humanos, valorando intencionalidades y consecuencias. Tener en cuenta la “*toma de decisiones*” del *factor humano*.

39. *Detectar fallos en los medios (vía y vehículo) e identificarlos con causas mediatas o inmediatas.* Tener en cuenta que, aunque en menor porcentaje, los *factores vía y vehículo*, pueden ser causa de un AT o tener una importante contribución a su producción.

- **Confección de documentos.** Para trasladar los conocimientos a jueces, fiscales, aseguradoras, implicados, administración, etc., se deben reunir en documentos policiales o periciales que faciliten su exposición.

40. *La confección de documentos pasa por alguno de los siguientes pasos:*

- a. AT con sólo daños materiales, que quedan recogidos en el ARENA.
 - b. Atestado (documento escrito, croquis e informe fotográfico).
 - c. Informe Técnico (documento escrito, croquis e informe fotográfico).
 - d. Reconstrucciones informáticas
 - e. La película del accidente
 - f. Informes (de accidentes singulares, puntos negros, etc.)
- **Datos estadísticos para la prevención de accidentes.** La Orden 18-02-1993 del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de Secretaría del Gobierno, establece que la Dirección General de Tráfico confeccionará la estadística de accidentes de circulación con la colaboración de la Dirección General de la Guardia Civil y de las Policías Autonómicas y Municipales en el ámbito de sus respectivas competencias.

41. *Cumplimentar los “Cuestionarios Estadísticos de Accidentes de Circulación.* La Orden citada recoge los siguientes modelos de cuestionarios:

- a) Cuestionario estadístico con víctimas.
- b) Cuestionario estadístico con sólo daños materiales.

Dicha información, en la actualidad se registra directamente por el cuerpo policial competente o se traslada en las Jefaturas Provinciales de Tráfico de los cuestionarios de aquellas policías que carecen de medios técnicos, en una aplicación informática denominada ARENA (Accidentes de tráfico: Recogida de Información y Análisis), que consta de los formularios Urgente, Básico, Estadístico, Mercancías Peligrosas y Daños Materiales.

1.3. FORMULARIOS DE RECOGIDA DE DATOS

En la aplicación de las nuevas tecnologías a la investigación de accidentes de tráfico, uno de los primeros pasos habrá de ser la confección de formularios de procedimientos que sean sencillos, completos y dignos (Borrell, 2000), que aporten la ventaja de minimizar los errores que puedan producirse en el proceso de captación.

1.4. FUENTES DE DATOS EN LA MICROINVESTIGACIÓN

El primer paso que debe recorrer un investigador de AT, es recorrer ordenadamente todas las fuentes que pueden ofrecer datos que sirvan de contraste de las hipótesis que expliquen las causas de un accidente de tráfico en particular. Estas fuentes de información son las siguientes:

1. La Inspección Técnico-Ocular. **(ITO).**
2. El Testimonio. La Entrevista Cognitiva. **(EC).**
3. El Plan de Viaje. **(PV).**
4. Otras Fuentes. El puntual Informe Pericial Anexo. **(INPERA).**
5. Experiencia del Investigador. **(EXPI).**

2. LA INSPECCIÓN TÉCNICO-OCULAR.

2.1. INTRODUCCIÓN

La Comisión Nacional de Policía Judicial define la Inspección Técnico-ocular, como el conjunto de observaciones, comprobaciones y operaciones técnico-policiales que se realizan en el lugar de un suceso, a efectos de su investigación.

Partiendo de los tres elementos tradicionales que intervienen en todo accidente de tráfico, la inspección ocular se estructura de la siguiente manera:

2.1.1. El hombre

Sobre *EL HOMBRE*, como *factor preponderante de las causas de los AT*, lo fundamental será averiguar el origen de “*actuaciones erróneas*” o “*fallos humanos*”, que pueden ser debidos a:

Circunstancias físicas o somáticas, es decir, que afectan al cuerpo del conductor mediante *alteraciones orgánicas transitorias* (lipotimias, náuseas, mareos, etc.), *permanentes* (insuficiencia cardíaca, artrosis, carencia de algún órgano, etc.), *insuficiencias motoras* (descoordinación, falta de reflejos, etc.), *insuficiencias sensitivas, ópticas, acústicas, etc.*

Circunstancias psíquicas, es decir, que afectan a la mente del conductor, como falta de atención, actitudes antisociales peligrosas, enfermedades mentales, inestabilidad emocional o conflictos personales, toxicomanías y alcoholismo, sueño, cansancio, rutina, etc.

Falta de conocimientos, experiencia o pericia, determinados fundamentalmente por la clase y categoría del permiso de conducción del que es titular, su antigüedad, experiencia particular o profesional relacionada con el automóvil, etc.

2.1.2. La vía

La vía constituye una *FUENTE* de gran importancia por la información que aporta y de las huellas y vestigios que sobre ella dejan los elementos del accidente y puede influir en la producción de AT, a través de:

La configuración geométrica (salidas de vía en curva, colisiones en intersecciones...).

La señalización, cuyo desobedecimiento es causa de numerosos AT, sin olvidar la incidencia que puede tener la carencia o exceso de señales en la vía.

Las *circunstancias ambientales*, consideradas como el conjunto de factores (condiciones atmosféricas, obstáculos, obstrucciones visuales o eventos masivos como romerías) que transforman de modo completo las características de la vía.

2.1.3. El vehículo

Un vehículo que ha sufrido un AT, ofrece a través de un examen detallado, información suficiente como para llegar a una serie de conclusiones importantes respecto al suceso.

* *Corroborar* si un estado anterior deficiente de alguno de sus elementos, ha contribuido a producir el accidente.

* *Verificar* la forma, es decir *cómo* ha ocurrido el accidente observando los daños existentes en los vehículos y/o personas y confrontándolos unos con otros.

* *Determinar* qué daños son anteriores al AT y cuales se han producido como consecuencia del mismo e incluso aquellos producidos como consecuencia de su retirada del lugar.

* *Confirmar* qué partes de los vehículos han causado las lesiones a las personas y porqué, sobre todo en atropellos y cuando resultan lesionados los usuarios.

* *Comprobar* otros datos y elementos que ayudarán a la reconstrucción del accidente.

2.2. ESTUDIO DE VÍCTIMAS Y BIOCINEMÁTICA. REGISTRO DE DATOS

Víctima, es cualquier persona que ha resultado lesionada con motivo u ocasión de un AT. Es extraordinariamente interesante en la investigación de un accidente, el estudio del mecanismo de producción del mismo, en base a los elementos que proporciona el propio cuerpo de la víctima –su posición final, sus lesiones, el estado de sus ropas... (López-Muñiz, 1995).

López-Muñiz expone que junto a los accidentes de tráfico por imprudencia existen otros hechos que, pueden ser investigados como tales pero sin que su naturaleza sea esa. Estas conductas que han de investigarse como accidentes de tráfico, pero que difieren en su tratamiento jurídico posterior, son el *suicidio* (en el que predomina lanzarse al paso de un vehículo), el *homicidio* simulando un accidente de tráfico y la *muerte accidental* que produce o se combina con un accidente de tráfico.

2.2.1. Identificación de conductores, peatones, usuarios y otras personas involucradas en el accidente

El artículo 770 de la LECrim, en su punto 5º dispone que la Policía Judicial acudirá de inmediato al lugar de los hechos y “tomará los datos personales y dirección de las personas que se encuentren en el lugar en que se cometió el hecho, así como cualquier otro dato que ayude a su identificación y localización, tales como lugar habitual de trabajo, números de teléfono fijo o móvil, número de fax o dirección de correo electrónico”.

En algunos supuestos y dependiendo de las circunstancias concurrentes en las personas implicadas, es necesario ampliar los datos anteriores y recabar otros, como la altura y el peso (para atropellos), el estado de la vista y el oído (si existió una deficiencia de percepción sin otra explicación), otros defectos físicos (como falta de movilidad), la posible embriaguez, incluso puede ser interesante conocer si posee carnet de conducción o conoce las reglas generales de la circulación.

2.2.2. Descripción de la víctima no identificada

Cuando se trata de un cadáver de persona sin identificar, habrá de seguirse la tramitación establecida en los artículos 340 y siguientes de la LECrim., en lo referente a identificación por medio de testigos, información del hecho, recogida de las ropas y descripción detallada de las circunstancias.

Además de lo anteriormente especificado por la LECrim., existen actualmente medios adicionales para identificar cadáveres, tales como la determinación del parentesco a través pruebas genéticas, introducidas para su contraste en bases de datos que tanto la Policía como la Guardia Civil tienen de personas desaparecidas y de cadáveres sin identificar

2.2.3. Fases médico-legales del levantamiento de un cadáver

Cuando se han realizado las fotografías y se ha situado a la víctima en el boceto, el médico forense con autorización del Juez competente, comenzará el examen del cadáver. Las

fases de un levantamiento de un cadáver, desde el punto de vista de la Medicina Legal, son (Fombellida, 1993), el examen del cadáver, el examen de las ropas y finalmente el examen del lugar y alrededores.

En la primera fase los objetivos que tiene que cumplir el forense son tres: por un lado, verificar la realidad de la muerte; por otro lado, establecer la data o fecha aproximada de la muerte (a través del estudio de los fenómenos cadavéricos: enfriamiento, lividez y rigidez), y finalmente, el mecanismo origen de la muerte.

2.2.4. Descripción de lesiones

El examen del cuerpo y la descripción de las lesiones es una misión que corresponde, en realidad, al médico forense. (López Muñiz, 1995). No obstante, creemos interesante que todos los que pueden intervenir en la investigación de accidentes conozcan el valor de las lesiones más características que pueden producirse en los siniestros de tráfico.

Se pueden diferenciar claramente, a efectos sistemáticos, las lesiones producidas por:

- a) Lesiones de atropello.
- b) Lesiones de choque.
- c) Otros tipos de lesiones (quemaduras, lesiones por precipitación, sumersión...)

Hijonal en sus trabajos, encontró como los conductores registraron la mayor incidencia de lesiones (un 35,24%) seguido por los que ocupaban el asiento delantero derecho (30,52%) y por último los que viajaban en los asientos traseros (23,56%).

2.2.5. Examen y Descripción de las ropas

La ropa es un importante elemento de defensa de la víctima, pues recibe en primer lugar los efectos directos de la acción lesiva, y en el caso de que ésta no sea muy intensa, puede aliviar sus consecuencias. Por esta circunstancia, en la ropa aparecen las huellas más interesantes de las que pueden encontrarse sobre objetos. (Fombellida, 1992; López Muñiz, 1995).

En los atropellos, especialmente en los nocturnos, el color de las ropas del peatón o ciclista tiene una importancia vital al objeto de determinar el punto de percepción posible del conductor en función de la luz que llevara activada en el vehículo.

Sobre la ropa pueden encontrarse dos tipo de huellas (López Muñiz, 1995):

A) HUELLAS DINÁMICAS:

Son los desgarros producidos directamente en el tejido por el enganche o fricción (p.ej. paso de una rueda frenada) de algún elemento del vehículo implicado en el atropello.

B) HUELLAS ADICIONADAS

Son todos aquellos restos que pueden quedar sobre la ropa, por el contacto contra un objeto. Así podemos encontrar: manchas de sangre, de grasa, de asfalto, de neumáticos...

2.2.6. Su posición final

La posición del cuerpo sobre un plano horizontal se clasifica en tres formas:

- a) Decúbito supino, o dorsal, cuando el cuerpo se encuentra sobre la espalda.
- b) Decúbito prono, cuando está situado sobre el vientre.
- c) Decúbito lateral, si se encuentra sobre un costado, pudiendo ser derecho o izquierdo.

Para determinar la posición del cuerpo sobre el plano de la carretera, el mejor sistema es marcar los rasgos anatómicos más principales (cabeza, brazos, piernas...).

El artículo 770 de la LECrim., dice que la Policía Judicial acudirá de inmediato al lugar de los hechos y “Si se hubiere producido la muerte de alguna persona y el cadáver se hallare en la vía pública, en la vía férrea o en otro lugar de tránsito, lo trasladará al lugar próximo que resulte más idóneo dentro de las circunstancias, restableciendo el servicio interrumpido y dando cuenta de inmediato a la autoridad judicial. En las situaciones excepcionales en que haya de adoptarse tal medida de urgencia, se reseñará previamente la posición del interfecto, obteniéndose fotografías y señalando sobre el lugar la situación exacta que ocupaba”.

2.3. ESTUDIO DEL ESCENARIO DEL ACCIDENTE. REGISTRO DE DATOS

2.3.1. Examen del lugar escenario de los hechos

2.3.1.1. Descripción y ubicación de huellas y vestigios

La huella característica por antonomasia es la de frenada o de fricción de neumático, producida por el contacto violento de éste con el firme de la calzada.

- **Descripción técnico-literaria.**

Las **huellas de frenado**, se reseñarán tomando medidas de su longitud, anchura, vehículo y ruedas que las han producido, situación en la calzada en relación a los puntos fijos, intensidad de la frenada, ángulo que forma con el eje longitudinal de la vía, etc.

Las **huellas de fricción**, se reseñarán de forma análoga a las anteriores, indicando las causas que las han producido y señalando el punto de salida de la vía del vehículo, si lo hay.

Además de las huellas descritas, podemos encontrar otros vestigios como **partes de vehículos** (espejos retrovisores, cristales, baterías, etc.), **restos de infraestructura** (barro o hierbas adheridos a los bajos del vehículo que se desprenden durante el impacto), **daños en elementos ajenos a los vehículos** (vallas, árboles, señales de tráfico...) y otros restos (pinturas, ropas, restos biológicos, etc.), que han de ser descritas con respecto a las dimensiones de la zona que abarcan y a la distancia a que se encuentran del Punto de Conflicto, de las marcas viales de la vía y de los puntos fijos, identificando en última instancia a sus propietarios.

En cuanto al **Punto de Conflicto**, se debe explicar en qué nos basamos para considerar dicho punto, marcando su ubicación en la calzada y con relación a los puntos de referencia.

Con respecto a la **Posición final** de vehículos y personas, hacer constar su ubicación respecto a la vía principal y a los puntos de referencia.

Por último, se deben describir aquellas “**modificaciones**” habidas en huellas o vestigios desde la ocurrencia de los hechos, hasta la llegada de la fuerza instructora, con reseña de las circunstancias que las causaron y de la identidad de la fuente de esta información.

- **Descripción gráfica**

Además de la descripción escrita que se puede realizar de un vestigio, es necesario, para una mejor comprensión, utilizar aquellos medios, que faciliten la expresión, como la fotografía o la utilización de gráficos tipo tabla que ayudan a mejorar la percepción.

Ejemplo de descripción de una huella de frenada. “Se observa una huella de frenada de único trazado continuo, con ligero dibujado curvo hacia la izquierda, situada en el carril derecho sentido de la Inspección Ocular, producida por el neumático delantero derecho del

vehículo..., con una longitud de 8'55 metros y anchura de 15 centímetros. Su punto inicial y final se encuentra con respecto a los Puntos Fijos, a la distancia siguiente”:

DESCRIPCIÓN	Dista del Punto Fijo “A”	Dista del Punto Fijo “B”
Inicio huella derecha	X'xx m.	X'xx m.
Fin huella derecha	X'xx m.	X'xx m.

2.3.1.2. Descripción y ubicación de PF de personas, vehículos y elementos análogos

La descripción de las posiciones finales, de importantísima utilidad en la reconstrucción de accidentes, se puede llevar a cabo de una forma similar a la utilizada en el apartado anterior, siendo preferible la forma mixta literaria-gráfica (con tabla) a cualquier otra.

2.3.1.3. Descripción, ubicación e identificación de animales o cosas que interaccionan en el accidente (elementos análogos)

En algunos accidentes, el vehículo interacciona con animales o cosas, que tienen **trayectoria**, y por tanto poseen un punto de inicio en su desplazamiento (posición inicial), adquieren una posición de conflicto (PC) y como consecuencia de la colisión, llegan a alcanzar su posición final (PF), haciéndose imprescindible el estudio de esas trayectorias para la resolución del caso y por ello, a estos elementos se les denomina **análogos**, motivado por su consideración con cierta similitud, a las unidades de tráfico propiamente dichas.

Por *elemento análogo* y a los solos efectos de estudios casuísticos y representación gráfica en la reconstrucción de accidentes, puede entenderse “*cualquier animal, artefacto u objeto que interfiera la normal circulación rodada en las carreteras y por tanto llegue a interaccionar con los elementos o factores que intervienen en el accidente*”.

2.3.2. Medición y acotación de la escena del accidente. Planimetría

2.3.2.1. Técnicas básicas de medición

Con las mediciones que se realizan en el lugar, complementadas con las fotografías se consigue situar de forma exacta todo aquello que aparecía en el escenario de los hechos.

Las mediciones y los croquis en la investigación de accidentes, se realizan en etapas:

1º Mediciones en el escenario de los hechos para localizar objetos y huellas, que pueden desaparecer o que pueden ser modificados.

2º Mediciones adicionales de situación, para efectuar a escala los planos y diagramas.

3º Realización completa del croquis, con su leyenda y orientación.

Seguiremos aquí las normas establecidas en el Manual de Investigación de la Escuela de Tráfico de la Guardia Civil, que a su vez utiliza como documento básico la parte dedicada a esta materia en el primer manual de Baker dedicado a la investigación del accidente.

La localización de algunas situaciones temporales se puede marcar rápidamente sobre el pavimento de modo que sea posible determinar tales situaciones aunque haya desaparecido el objeto en sí mismo.

- **Medición de distancias.**

En cuanto a la forma y medios a utilizar para realizar las mediciones, cuando no se disponga de un medidor laser deberá hacerse de acuerdo a las siguientes premisas:

1. *Las distancias inferiores a 3 metros.* Se miden mejor con la cinta de bolsillo por una sola persona

2. *Mediciones sencillas desde 3 metros, a la longitud total de la cinta.* Para estas mediciones tendrá que procurarse un ayudante.

3. *Mediciones más largas que la cinta.* Cuando se llegue al término de la cinta, que habrá de estar bien tirante y recta, se efectuará una marca o dejará un testigo en la superficie, repitiendo el proceso hasta llegar al punto a medir.

4. *Mediciones con rueda.* Tienen la ventaja respecto a la cinta, que una sola persona hace las medidas y anotaciones y el inconveniente, que éstas no son tan exactas, al influir sobre ellas baches y ondulaciones de la vía. Así pues estas mediciones las realizaremos cuando exista una gran distancia en terreno uniforme, o bien cuando el tráfico sea muy denso.

- **Medición de límites de carreteras desviadas.**

Si la intersección es regular, se necesita medir únicamente el ancho de las calzadas para su esbozo fundamental. Si hay alguna desalineación, tendrá que medirse, y para ello se fija un punto mirando a lo largo de un borde de una carretera desde el cual tomar las medidas.

Si la intersección es irregular, pero sin ángulos, debe acudir al método de triangulación eligiendo como puntos significativos los puntos de tangencia de las curvas de unión con las rectas de las calles o calzadas.

- **Medición de ángulos de cruces.**

Cuando las vías no se cruzan en ángulos rectos se medirá el ángulo entre ellas. Quizá la mejor forma de hacerlo sea obteniendo las dimensiones de un triángulo con las dos líneas como lados y una línea transversal para el tercer lado, la cual mediremos.

- **Medición de curvas y radios.**

El radio es la distancia al centro de la circunferencia de la cual la curva en una parte, y es fácil medirlo de una forma indirecta siguiendo los siguientes pasos:

1. Marque dos puntos en la curva.
2. Mida la distancia en línea recta entre dichos puntos, a la cual se llama cuerda.
3. Dividida por 2 la longitud de la cuerda y halle el punto.
4. Mida la distancia más corta desde el medio de la cuerda hasta la curva. Esta distancia se llama la *ordenada media, sagita o flecha máxima*.

Para hallar el radio puede emplear la fórmula siguiente:

$$R = \frac{C^2}{8S} + \frac{S}{2}$$

Donde C es la longitud de la cuerda y S la sagita u ordenada media.

- **Medición de pendientes.**

La Pendiente o inclinación es el número de metros que sube la carretera por cada metro de distancia a nivel a lo largo de la carretera, o tanto por uno.

El número que representa la inclinación se indica casi siempre en metros de elevación o descenso por 100 metros de distancia horizontal, resultando entonces tantos metros por ciento de desnivel o porcentaje de desnivel. Si la pendiente es *cuesta arriba*, es un grado positivo y se escribe delante del número, *un signo más (+)*. Las pendientes *cuesta abajo* o

negativas se escriben con un *signo menos* (-). Que una pendiente sea positiva o negativa depende de cómo se enfrente uno con ella.

- **Medición de desniveles y peraltes.**

Es la pendiente o inclinación transversal de la carretera en ángulo recto a la línea central, desde el borde interior al límite exterior en una curva. Se mide en metros de elevación por metro horizontal de anchura, nominándose el resultado en tanto por uno.

Este parámetro de la vía afecta a la velocidad a que un vehículo puede tomar una curva con seguridad. Cuanto mayor sea el peralte, más elevada puede ser esta velocidad. Por consiguiente, se debe medir el peralte en todo AT en que un vehículo se sale de la vía en una curva.

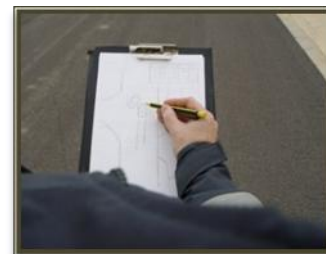


Inclinómetro digital (Bosch) para medición de pendientes y peraltes

- **Medición de alturas y profundidades.**

Hay varias formas prácticas de medir alturas y profundidades en la escena del AT.

1. Directamente con una cinta métrica. Esto resulta fácil para alturas de señales, bordillos, barandillas, puentes, etc.
2. Las fotografías sirven para registrar alturas aproximadas. Coloque un objeto de talla conocida cerca de la altura a medir para que sirva de comparación, asegurándose que la cámara fotográfica está a nivel.
3. La longitud y el ángulo de inclinación no dan directamente la altura, pero sí que proporcionan la información con la que puede ser calculada. En todo caso puede utilizarse el inclinómetro para medir los ángulos.



2.3.2.2. *Métodos de medición: métodos teóricos y prácticos*

1. IMPORTANCIA DEL CROQUIS.

En todo accidente debe confeccionarse siempre un boceto o croquis de campo, en el que se recojan a mano alzada, todos aquellos elementos que hayan intervenido en la producción del siniestro, para posteriormente en el gabinete de investigación, confeccionar el croquis definitivo.

Es necesario resaltar la importancia de este documento en el conjunto del informe a confeccionar, pues ofrece una visión general “a vista de pájaro” del desarrollo del accidente.

Dado que en ocasiones, las evidencias se contradicen cc *Elaboración de un boceto* implicados, es fundamental prestar el máximo cuidado en disponer de una minuciosa metodología a la hora de dejar constancia de dichas evidencias físicas.

2. IMPORTANCIA DE LAS MEDICIONES.

Con las mediciones y con los diagramas realizados en el lugar del accidente, se consigue situar de forma exacta todos los elementos que aparecían en el lugar del suceso.

La determinación de la causas en la reconstrucción del accidente, se basa evidentemente en las mediciones que se han tomado “in situ”, por tanto, sin esas medidas o con medidas defectuosas, la reconstrucción resultará prácticamente imposible.



Medición de una huella

Las mediciones bien realizadas, facilitan un testimonio preciso de la exacta posición de los objetos y marcas, y con la experiencia, pueden realizarse de forma rápida y sencilla.

3. EN EL LUGAR DEL ACCIDENTE

En la toma de datos del escenario del accidente deben seguirse los siguientes pasos:

1.- Observación inicial de la escena en búsqueda de todos los elementos que hubieran tenido alguna importancia en la producción del accidente, marcando las posiciones finales.

2.- Realización de fotografías generales de la configuración de la vía, huellas y vestigios y posiciones finales. Posteriormente podrán tomarse otras fotografías de detalle.

3.- Selección y documentación del sistema de referencia. Dependiendo de las características del accidente se planeará el método de toma de medidas más adecuado.

4.- Elaboración del boceto o croquis preliminar a mano alzada. En él se plasma la configuración del terreno y todos los elementos que se consideran relevantes.

5.- Toma de medidas, que se realizan en dos fases:

1.- Mediciones Urgentes, para localizar los objetos que pudieran desaparecer o ser movidos, por lo que deberán realizarse lo antes posible.

2.- Mediciones adicionales del lugar como base para confeccionar planos y diagramas a escala, como el trazado de la vía, señales, etc.

4. REALIZACIÓN DEL BOCETO DE CAMPO

El boceto de campo debe contener primordialmente los datos y vestigios que puedan ser borrados o alterados con facilidad.

Para el levantamiento del boceto pueden seguirse dos sistemas:

1.- Señalar sobre el esquema de la carretera todos los indicios numerándolos, y aclarando su naturaleza así como medidas, bien sobre el boceto, o sobre un cuadrante de medidas.

2.- Diversificar los bocetos en tantos como elementos tengan que identificarse. Así podrá realizarse uno con huellas, otro con posiciones finales, etc.

4.1 Puntos fijos, auxiliares y característicos.

La elección de los puntos fijos (PF) en los márgenes de la calzada o calle y cuya característica esencial es que deben ser perfectamente identificables y definibles, y difícilmente alterables es muy importante, porque de ellos partirán las mediciones a los diferentes puntos característicos con los que ubicar todos los elementos intervinientes en el

evento y el propio escenario de los hechos. Pueden ser bases de postes, árboles, esquinas de edificaciones, etc.

En el sistema de medición por triangulación, el sitio donde ocurrió el accidente tiene que ser localizado mediante dos PF, identificados sin ninguna clase de duda.

En el caso de optar por la medición por coordenadas cartesianas, podemos localizar un único PF, desde el que podremos establecer un **punto auxiliar** trasladando el PF hasta un lugar determinado de la vía; desde este punto auxiliar podremos realizar el resto de medidas, sin olvidar que el único y verdadero punto que reúne las condiciones de fijo es el primero.

Los puntos fijos se identificarán en el boceto y para completar la descripción, será necesario tomar las siguientes distancias: la existente entre los puntos fijos, la que hay de estos hasta el borde de la calzada y caso que no estuviesen a nivel del suelo, se deberá también medir la altura que tienen.

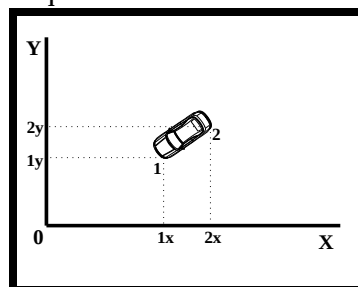
Una vez dibujadas las PF de personas, vehículos, huellas, etc..., el siguiente paso será adjudicar a cada uno de ellos tantos puntos característicos como sean necesarios para determinar perfectamente su forma (p.ej. si sólo tomásemos las distancias de uno de los ejes de un vehículo a los dos PF, el vehículo podría rotar sobre dicho eje, adoptando distintas posiciones, por lo que para ubicarlo correctamente necesitaríamos al menos dos puntos característicos).

Existen diversos sistemas de mediciones, pero descartando los más complicados que implican medición ángulos (para lo que se precisa de instrumentos de topografía) y si sólo disponemos de medidor laser o cinta métrica, se consideran como métodos fundamentales para la correcta elaboración del croquis el de **Coordenadas Cartesianas** y el **Triangulación**.

5. SISTEMA DE COORDENADAS CARTESIANAS.

Este método que es el más utilizado y fácil de usar, consiste en la definición de dos ejes o líneas de referencia perpendiculares entre sí, denominados eje de **abscisas** (X) y eje de **ordenadas** (Y), los cuales se intersectan en un punto denominado origen del sistema de referencia. Las medidas que es preciso tomar para determinar la posición de un elemento son, precisamente, las distancias de los puntos característicos a los dos ejes.

Este método es particularmente adecuado para lugares donde la configuración es esencialmente recta. En estos casos, el eje de abscisas se suele considerar situado sobre un bordillo o una marca vial, mientras que el de ordenadas se considera perpendicular al anterior



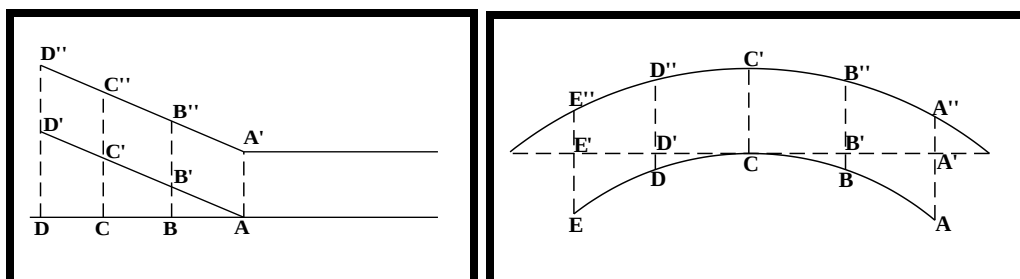
Sistema de medición por coordenadas cartesianas

Con este sistema, pueden trazarse los relieves planimétricos de curvas de toda clase, ajustándose mejor a la realidad que con el método de triangulación.

5.1 Trazado de relieves planimétricos

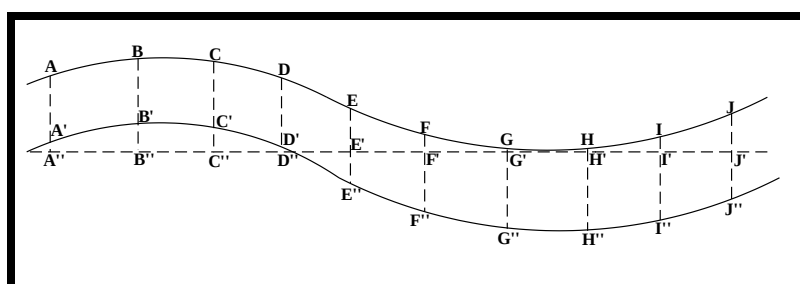
Se parte de una línea recta que sirve de base, sobre la que se van trazando perpendiculares con intervalos regulares, tomándose las medidas a los puntos de estudio. La línea base puede ser un lateral de la carretera y una prolongación de ésta, si fuera curva.

Si la curva lo fuera en un solo sentido, bastará con trazar una secante, que servirá de línea base, y sobre ella seguir tomando las medidas perpendiculares correspondientes.



Trazado de un relieve planimétrico

Si se trata de una curva irregular, la línea base debe trazarse en el sentido más favorable, poniendo las medidas con el signo “+” o “-”, según estén en la parte superior o inferior de la línea base. Repitiendo las mediciones, se obtiene el relieve exacto de la curva.



Toma de mediciones en una curva irregular

5.2 Método práctico

Para las mediciones con este sistema, se deben seguir los siguientes pasos:

- 1.- Seleccionar un **punto fijo** permanente en el margen de la vía.
- 2.- Establecer un **punto auxiliar** trasladando el PF a un punto del pavimento (p.ej. a la línea del arcén o al bordillo), que será el punto cero del sistema.
- 3.- Marcar en el pavimento, sobre la línea base elegida y enfrente de cada elemento a medir, como el principio y el final de una huella, o la PF de un vehículo, etc.
- 4.- Nombrar estas señales como A, B, C..., a partir del punto cero. Si tiene que localizar más de 26 puntos, continuar marcándolos como AA, AB, AC....
- 5.- Haga un boceto a mano alzada de la calzada con los objetos a localizar en ella, asignando a cada uno de ellos un número.
- 6.- Crear una tabla (cuadrante de medidas) con las siguientes columnas: PUNTO - DESDE ORIGEN - DESDE BORDE. En la primera columna, debajo de PUNTO, escribir los números de los puntos que hay que localizar.

Punto característico	Desde “0”	Desde borde	Longitud	Anchura

Ejemplo de cuadrante de medidas

7.- Partiendo con la cinta métrica del punto de origen, medir la distancia a cada punto marcado en el borde de la calzada con letras, registrando la distancia en la columna DESDE 0.

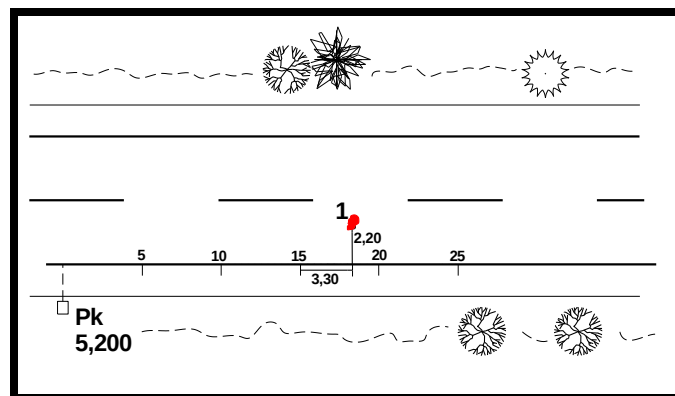
8.- Medir la distancia desde la línea base hasta el punto representado con cada número, registrándolo en la segunda columna debajo del título DESDE BORDE.

Si hay que tomar pocas medidas, se pueden escribir directamente en el diagrama con las líneas dimensionales desde los ejes hasta cualquier objeto que se quiera localizar.

Si la calzada tiene una anchura superior a dos carriles, puede establecer en la parte opuesta otro punto cero y partiendo de él efectuar las mediciones.

5.3 Estaciones de medidas

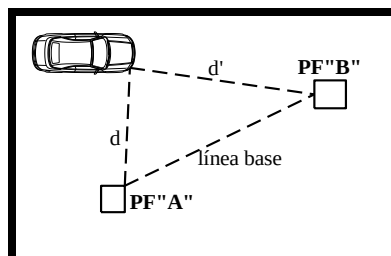
Cuando la distancia sobre la línea base es prolongada, se recomienda marcar el borde de la calzada cada cinco metros a partir del punto cero, como si se tratara de puntos auxiliares. Cada una de estas marcas se denomina **estación** y son la distancia a lo largo de la línea base hasta el punto cero, consiguiendo evitar volver hasta éste para efectuar todas las mediciones.



Sistema de coordenadas con estaciones de medidas

6.- MÉTODO DE TRIANGULACIÓN.

El sistema toma nombre de la figura geométrica que imaginariamente se forma al realizar mediciones desde un punto característico a los dos puntos fijos precisos que servirán de base para medir desde ellos; por eso la línea imaginaria que los une se denomina “línea base”.



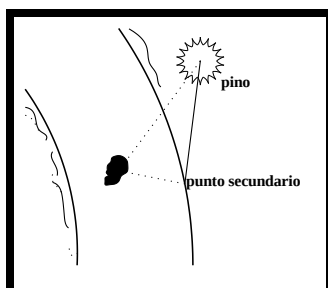
Método de triangulación

Este método es particularmente útil en zonas cuya configuración es complicada, como curvas, zonas de obras, intersecciones irregulares, así como en carreteras sin pavimentar.

Respecto a los PF de referencia debe indicarse lo siguiente:

- deben permitir cubrir la zona que se vaya a medir.
- deben quedar suficientemente referenciados.
- debe evitarse la formación de triángulos obtusángulos.

Cuando sólo tengamos un PF en la zona del accidente, se podrá marcar un vértice del triángulo en el borde la calzada o bordillo, que será un punto secundario con efectos de fijo.

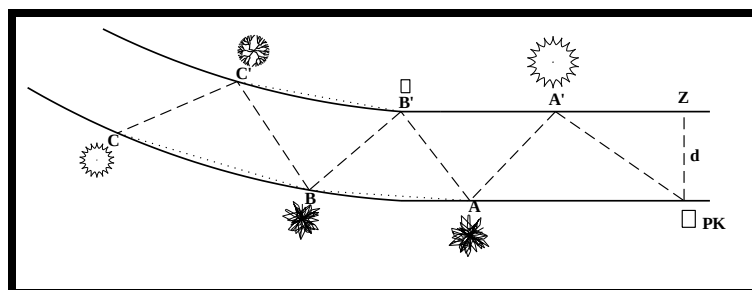


Método de triangulación

Para efectuar las mediciones, es necesaria la participación de dos personas, una de las cuales ha de permanecer en el primer punto fijo (PF “A”) mientras la otra toma las mediciones a los puntos característicos, y una vez ha llegado al último, vuelve a realizar las mediciones con el ayudante situado en el segundo punto fijo (PF “B”).

Puede utilizarse el mismo cuadrante de medidas que el de sistema de coordenadas, sustituyendo las columnas “desde 0” y “desde borde” por el PF “A” y PF “B”.

Para medir una curva y si consideramos como base el punto kilométrico, desde éste se calculará la anchura de la calzada. Después se medirá la distancia entre los distintos puntos de su propio lado, para hacer lo mismo con los del lado opuesto. Se termina la operación con la medición de la distancia entre un punto de un lado y los correspondientes del contrario.



Medición de una curva por el método de triangulación

7.- VALORACIÓN DE LOS MÉTODOS.

Para el Centro de Experimentación y Seguridad Vial de Ávila, el sistema de triangulación es el más fiable y en el que menores errores se cometen.

La Escuela de Tráfico de la Guardia Civil, en su Guía de Croquis, opta por decantarse por aplicar la técnica de medición de triangulación en tramos curvos, en aras de la precisión y exactitud, mientras que en tramos rectos la utilizada debería ser la de coordenadas.

2.4. ESTUDIO DE ELEMENTOS DEL VEHÍCULO. REGISTRO DE DATOS

Un vehículo que ha sufrido un AT contiene una cantidad de información que es necesario recopilar y conocer para poder demostrar las hipótesis sobre el cómo y el porqué ocurrió el suceso.

Respecto del “cómo”, se trata de realizar una reconstrucción del accidente partiendo de las posiciones iniciales - antes de iniciarse la circunstancia anormal - de cada uno de los vehículos, pasando por cada uno de los momentos hasta llegar al *punto de conflicto* y posterior *posición final*. Los daños en los vehículos nos proporcionan información sobre las posiciones relativas de los mismos al colisionar o los contactos del vehículo en el choque o vuelco, para lo cual es fundamental observar las *líneas de fuerza*. También podemos medir la superficie deformada en los vehículos para cuantificar las energías de deformación que serán utilizadas en la reconstrucción técnica del accidente.

Inmediatamente después, la tarea que se debe imponer al investigador es la de averiguar el papel del vehículo como causa (tanto mediata como inmediata) del accidente; es decir, *lo que motivó el accidente*. Los daños y averías que son causa, ya sea eficiente o no, del accidente pueden llegar a determinar la responsabilidad, total o compartida, del fabricante, vendedor o reparador del vehículo

Por lo anteriormente expuesto, hay que realizar una inspección minuciosa en el vehículo encaminada a resolver dos preguntas fundamentales:

- *¿Hay algún defecto en los vehículos que haya contribuido como causa mediata o inmediata a la producción del accidente?*
- *¿Qué daños se han producido como consecuencia del mismo?*

2.4.1. Identificación legal de los vehículos. Documentación administrativa

El Real Decreto 2822/98 por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos (RGV), establece en su artículo 1 la regulación sobre las autorizaciones necesarias para circular con un vehículo por las vías públicas y en su artículo 26 dispone la forma de documentarlo mediante el **permiso de circulación** (licencia en el caso de ciclomotores), debiendo el conductor del vehículo estar en posesión además, de la **tarjeta de inspección técnica** (certificado de características para ciclomotores).

Además, los vehículos deben estar identificados por una serie de marcas, reguladas en el artículo 8 del RGV, denominadas técnicamente VIN, que son el número del bastidor, la placa del fabricante y en vehículos a motor las marcas que identifiquen el tipo de motor.

El **Decreto 8/2004, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre responsabilidad civil y seguro en la circulación de vehículos a motor en su artículo 2**, establece la obligación para todos los vehículos a motor con estacionamiento habitual en España, de tener suscrito un seguro que cubra la responsabilidad civil. El Real Decreto 1507/2008, por el que se aprueba el Reglamento del seguro obligatorio de responsabilidad civil en la circulación de vehículos a motor, regula en su artículo 14 que todo vehículo a motor deberá ir provisto de la documentación acreditativa de la vigencia del seguro obligatorio.

La Policía Judicial reseñará estos documentos junto al permiso de conducción del conductor que preste declaración por su implicación en un accidente de tráfico.

2.4.2. Examen exterior y descripción del estado de los principales órganos del vehículo

El examen exterior del vehículo se produce en diferentes momentos de la investigación:

a) *Observación inicial.*- Empieza en el momento en que se llega al lugar del accidente, y de una mirada se puede captar la situación general. Si se llega a la escena poco

después de ocurrir el siniestro, lo primero que debe hacerse es comprobar que el sistema de ignición del vehículo está apagado y que no existe riesgo de incendio del mismo.

b) Reconocimiento preliminar.- Se ha de empezar observando la situación y daños visibles de los vehículos implicados, que aportan una valiosa imagen visual de las posiciones relativas de los vehículos en el momento de la colisión. Inmediatamente después, se han de buscar las causas, deficiencias y condiciones en el vehículo que apunten a su contribución en el accidente y que den una orientación para el examen final.

c) Reconocimiento final.- El estudio final del vehículo es una ampliación organizada, más pausada y atenta del reconocimiento preliminar. Hay que comprobar las declaraciones de los testigos por lo que respecta al estado y funcionamiento del vehículo. También hay que asegurarse de casar los daños entre vehículos a fin de determinar cuáles fueron las partes que estuvieron en contacto.

Es conveniente tomar precauciones para que no se le haga ninguna reparación hasta que tener la seguridad que no hace falta ningún otro reconocimiento, debiendo advertir al conductor que el vehículo está a disposición judicial, por lo que para ser reparado o reciclado necesita autorización expresa del juez.

d) Reconocimiento tardío.- A veces no se llegará a tiempo para reconocer el vehículo en el escenario o puede suceder que las circunstancias impidan examinar el vehículo durante días e incluso se puede realizar a requerimiento judicial un examen tiempo después del AT.

La descripción del estado y posibles defectos o averías en los principales órganos del vehículo se pueden realizar de la forma siguiente:

A. LA DIRECCIÓN

Es necesario comprobar si han existido fugas del líquido del sistema hidráulico de la dirección con anterioridad a la colisión o a la salida de vía. Si la fuga era progresiva, generalmente se podrá ver un reguero de gotas, no fácilmente apreciable a simple vista.

Las averías más frecuentes de este sistema son la rotura de la barra de dirección, rótulas, tirantes y barra estabilizadora, aunque suele ser difícil comprobar por los daños que suelen sufrir los vehículos tras el siniestro, si en realidad el sistema de dirección contribuyó por su avería al accidente, o fue por el contrario éste el que produjo la avería en el mecanismo.

B. LA SUSPENSIÓN

La suspensión y ballestas, fallan muy raras veces, pero si se rompen, suelen dejar antes del punto crítico del accidente marcas bien visibles en forma de estrías y restregones de los neumáticos, por la parte que el vehículo sufrió la avería.

La flojedad de las rótulas (utilizadas para la unión de los elementos de la suspensión) es crítica. Un pequeño desgaste permite que se produzca el contragolpe, dando comienzo a un martilleo, que una vez que ha empezado, puede destrozar rápidamente la rótula.

El primer punto para determinar el grado de deterioro de la rótula es una inspección visual y táctil de los guardapolvos de las rótulas, pudiéndose observar grietas o perforación con pérdida de grasa.

C. LAS RUEDAS Y NEUMÁTICOS

Las ruedas raramente fallan en los coches modernos, pero cuando esto ocurre, suelen desprenderse provocando el accidente. En tal caso, la rueda es hallada a alguna distancia del

vehículo y generalmente presenta la evidencia de una reciente rotura del eje, del soporte del cojinete o de algún remache. Con el desprendimiento y por el peso del vehículo, el soporte de la rueda se inclina hacia abajo y traba contacto con el pavimento, dejando generalmente unas huellas visibles antes del punto clave.

Más común es el fallo de los neumáticos por reventón, pinchazo o por gomas desgastadas. Para comprobar si es cierto que el neumático reventó antes del accidente, se debe examinar el talón de la llanta (en el supuesto que el vehículo haya seguido circulando sobre el pavimento, sobre el borde del talón se observarán erosiones) y los flancos de la cubierta (presentaran deformaciones, raspaduras y erosiones por haber circulado con ausencia de aire. Si el vehículo hubiese rodado por cuneta o terraplén, puede encontrarse entre el talón de la llanta y la cubierta restos de plantas o tierra, que indicarán que la rueda giraba tras el reventón. Sobre el pavimento, y siempre antes del punto clave, podremos encontrar tras el reventón las abrasiones producidas por el neumático y/o las estrías producidas por la llanta metálica.

D. EL SISTEMA DE FRENOS

Los frenos pueden motivar accidentes a consecuencia de los siguientes defectos:

- Fallo repentino, debido generalmente a la pérdida del fluido hidráulico.
- Por agarrotamiento o por trabarse causando una parada o una desviación imprevista.
- Frenos desgastados o deficiencias en el fluido. Incluso con una gran presión sobre el pedal, los frenos no detienen el vehículo rápidamente.
- Camiones sobrecargados que simplemente no poseen la suficiente potencia de frenos.

Cuando surja alguna duda acerca de la contribución de los frenos a un AT y el vehículo no sufra grandes desperfectos, debe efectuarse una prueba a los mismos.

Deberá observarse si los latiguillos presentaban cortes por envejecimiento o si por el contrario los sufrieron como consecuencia del accidente.

Otra de las averías que suele producirse, es el deterioro de las juntas que componen el bombín, en cuyo caso se observará la mancha en los elementos anejos (disco, llanta...).

E. EL ALUMBRADO Y LA SEÑALIZACIÓN ÓPTICA

Las luces pueden ser causa de AT en el caso de deslumbramientos (por el mal reglaje de los faros), por no llevar las luces encendidas cuando es obligatorio, por no indicar un cambio de dirección o por avería en el sistema, que no permite advertir al resto de usuarios de la presencia de otro vehículo.

Deberá comprobarse la posición de la palanca de mando de luces e indicadores de dirección para investigar si se hacía uso de ellos, no descartando que dicha posición pudiese haber sido alterada por el movimiento de los cuerpos en el momento de la colisión.

Cuando el uso del alumbrado pueda ser causa del AT, deberán recogerse para su análisis el filamento y los restos del bulbo de cristal.

2.4.3. Descripción y localización de daños en el vehículo

Según J. S. Baker, se pueden encontrar seis clases de averías o daños en los vehículos:

1. *Precediendo al accidente pero sin contribuir a él*, como daños recibidos en AT anteriores y accesorios que no funcionan en el momento del accidente, como los faros en un accidente ocurrido durante el día. No aclaran la causa del siniestro.

2. *Defectos que preceden al accidente y contribuyen a él*, como la rotura de la suspensión, neumático desinflado, averías intencionadas. Pueden esclarecer la causa del accidente.

3. *Durante la colisión*, por ejemplo, abolladuras, cristales rotos, partes arrugadas y neumáticos pinchados; todo esto puede revelar algo acerca de cómo ocurrió el accidente.

4. *Después de la colisión y antes de la posición final*. Pueden ser daños de la misma entidad que los producidos en la colisión, y nos pueden enseñar respecto a cómo ocurrió el accidente, sobre todo, si se ha producido una segunda colisión.

5. *En la escena posterior al accidente*, como daños recibidos en maniobras de excarcelación de personas, recuperación del vehículo, incendio o robo. No revelan nada del accidente.

6. *Durante la retirada y almacenamiento del vehículo*, por ejemplo, partes separadas, dobladas o rotas por motivo del levantamiento o remolque. No revela nada sobre el AT.

La información que se va obteniendo sobre el estado en que se encuentran los vehículos, se debe ir anotando al mismo tiempo que se realiza la inspección.

En general, hay cuatro formas de recoger la citada información.

a) *Notas suplementarias*. Para registrar información que no puede ponerse en el parte de accidentes o en el croquis del terreno.

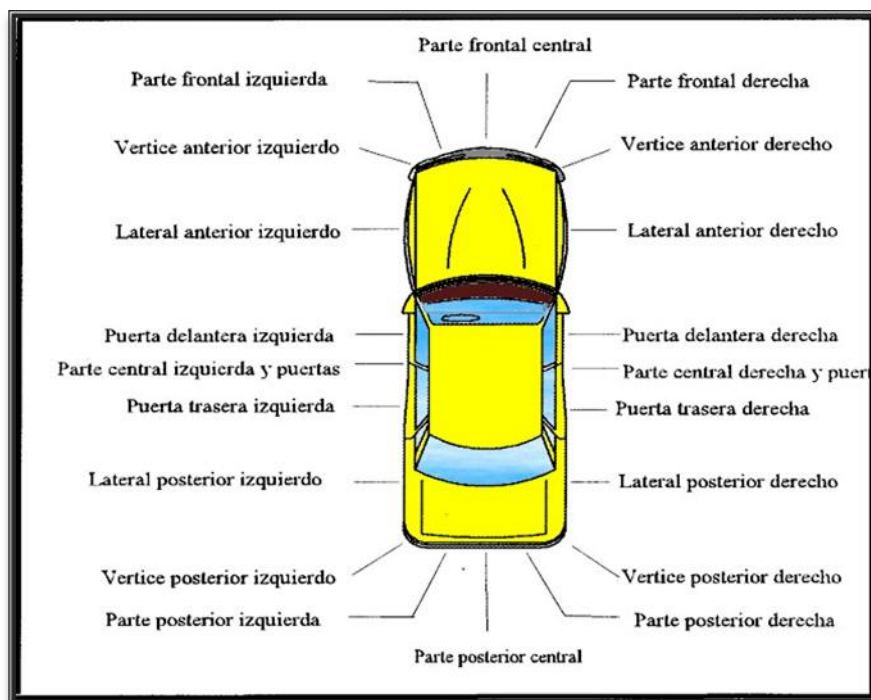
b) *Esquemas*. Bosquejos de vehículos no habituales como camiones, remolques, o autobuses. Pueden ser precisos para mostrar las medidas de los desperfectos o partes dañadas.

c) *Las fotografías*.- Son muy útiles para registrar y explicar los daños. Se requieren cuatro fotos de cada vehículo para que se vean los daños globales: laterales, frontal y trasera, y siempre han de ser perpendiculares al plano.

d) *Declaraciones*.- De conductores, pasajeros, testigos, y de modo particular de los mecánicos que sacaron o repararon el vehículo.

Es necesario obtener datos sobre la dirección de la fuerza, la posición en el momento culminante y el movimiento de los vehículos, respecto el uno del otro durante la colisión, con los que fundamentar el punto inicial y ángulo de colisión justo antes del contacto, consistiendo principalmente en el apareamiento de los daños entre los vehículos implicados..

A la hora de describir los lugares de impacto y las piezas afectadas por la colisión, es necesario tener en cuenta sus denominaciones exactas.



Denominaciones de las partes del vehículo

2.4.4. Posición final

La posición final de los vehículos es uno de los datos cruciales que debe aportar la inspección ocular de la escena de un AT. Esta información quedará reflejada de forma gráfica en el informe fotográfico y en el croquis levantado.

Para situar los vehículos, se debe referenciar la distancia de los cuatro ejes con respecto a los puntos fijos, excepto si para realizar el croquis se utiliza un programa informático que cuente con los vehículos a escala, en los cuales puede determinarse perfectamente la posición del vehículo midiendo a las dos ruedas del mismo lateral del vehículo.

3. EL TESTIMONIO. LA ENTREVISTA COGNITIVA (EC)

3.1. INTRODUCCIÓN

En los AT, las *fuentes* más importantes de información son los *conductores*, *participantes* y los *testigos*. Esta información reviste particular importancia por *varias razones*:

- a. *Recapitula* la información obtenida de las demás fuentes.
- b. Puede *acreditar* o *desacreditar* la información obtenida de otras fuentes.
- c. Puede dar una *nueva interpretación a una evidencia material*.

3.2. LAS PERSONAS RELACIONADAS

Una de las primeras tareas que se le encomiendan al investigador, es localizar a las *personas relacionadas con el evento*, en particular a los **implicados**, bien sean conductores, peatones o usuarios, **testigos** y **otros**, como aquellos que estén en condiciones de proporcionar información sobre el *Plan de Viaje* previsto y el llevado a cabo.

3.3. ASPECTOS OPERATIVOS DE LA ENTREVISTA COGNITIVA (EC)

La *Entrevista Cognitiva (EC)* consiste en el uso de *técnicas* con el objeto de facilitar que el informante acceda fácilmente a los datos de su memoria y comunique lo recordado de un modo efectivo. Las técnicas que componen la EC han de considerarse *destrezas*, con lo que para hacerlas efectivas además del conocimiento teórico es necesario practicarlas.

La EC empieza con una **introducción** en la que se establece la relación y crea un apropiado *estado psicológico* en el comunicante a fin de *promover los procesos de memoria y comunicación*, rebajando su ansiedad. Continúa con un **relato libre** que permita identificar las mejores “*representaciones*” sobre el suceso. Sigue la **exploración de representaciones**, en la que se debe activar toda la información relacionada con la *representación*, eligiendo las *imágenes* personales que coincidan con cada “momento” del accidente, desde la PPR hasta la PF. Continúa con un **repaso** que debe confirmar la exactitud de los datos registrados y proporciona una nueva oportunidad para buscar información. Se finaliza la EC con el **cierre**, en el que se favorece una última impresión, agradece la colaboración y ofrece nuestra disponibilidad.

3.4. LA INFORMACIÓN A OBTENER EN LOS TESTIMONIOS

Fundamentalmente, se ha de obtener *aquella que conduzca al esclarecimiento de los hechos* y coadyuve a la *determinación de las causas*.

El trabajo con respecto a esta fuente, puede iniciarse con:

- a. Una **pregunta abierta**, para que relate, con sus propias palabras cuanto sepa y recuerde del evento.
- b. A continuación, solicitar mediante las oportunas preguntas la **aclaración** sobre lo narrado, hasta que quede perfectamente claro.
- c. Por último, **plantear cuestiones propiamente de investigación** encaminadas a determinar su actitud y aptitud en las diferentes fases del *Accidente*.

4. EL “PLAN DE VIAJE” (PV)

4.1. INTRODUCCIÓN.

A veces, en un accidente, vale la pena estudiar la planificación completa del desplazamiento que **EL HOMBRE** pretendía realizar, lo que se conoce como “**PLAN DE VIAJE**”. Esta parte de la investigación-reconstrucción, a veces olvidada o insuficientemente desarrollada, tiene como objetivo colmar las necesidades de información con respecto a:

- a. Los *preparativos* del viaje, y
- b. A la *estrategia* a implementar en el mismo

4.2. LA PREPARACIÓN.

Es el acto de elegir antes o durante el viaje, los itinerarios, el horario, así como los preparativos que realiza el conductor, para realizar dicho desplazamiento.

La *preparación*, en grado incluso mayor que la *estrategia*, modifica los *factores de condición*. Ejemplos: al cargar el vehículo, éste cambia de condición; si el conductor se toma un descanso antes de emprender el viaje, su condición también cambiará; si el conductor durante el viaje efectúa una copiosa comida o bebe alcohol, su condición igualmente cambiará.

4.3. LA ESTRATEGIA.

Es toda acción ejecutada por una unidad de tráfico mientras está en movimiento, que hace aumentar o disminuir la probabilidad de éxito de una táctica evasiva, caso de que se presente una situación de peligro.

4.4. ATRIBUTOS.

Son las características o cualidades, en cada uno de los *factores de condición* (vía, vehículo, hombre), que facilitan la realización de las operaciones necesarias para evitar el accidente.

Para averiguar los fallos que en el desplazamiento previo al momento del accidente, se han podido producir y acumular, necesitamos averiguar:

A. Con respecto al **factor humano**:

1. *Lugar del que partió y lugar de destino, e itinerario previsto.*
2. *Horas de descansos previas y hora de salida.*
3. *Hora del accidente. Tiempo y espacio recorrido (velocidad media).*
4. *Horario de las paradas efectuadas y su objeto (descanso, comida, etc.).*
5. *Testimonios de empleados de establecimientos de restauración y gasolineras.*
6. *Problemas de salud y tratamiento médico actual con detalle de los fármacos tomados.*
7. *Problemática personal, familiar, laboral, social y económica que le pudiera afectar.*
8. *Otros atributos que pudieran concurrir en el factor HUMANO.*

B. Con respecto a los factores **vía y vehículo**, se recogen ampliamente en la inspección técnico-ocular desarrollada.

La información que del PV se obtenga puede ser determinante en numerosos casos en los que por fallecimiento de los implicados se carezca de otras fuentes de información o para, confirmar o descartar hipótesis u otros datos de información.

5. OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN. EL PUNTUAL INFORME PERICIAL ANEXO (INPERA)

5.1. INTRODUCCIÓN

Previo autorización Judicial, se pueden solicitar del organismo o perito que se designe determinadas *pruebas o informes* periciales de lámparas, grasas, piezas del vehículo, materias orgánicas, ropas, etc., pudiendo ser objeto de:

- a. *Análisis científicos* (física y dinámica del accidente, mecánicos, eléctricos, etc.),
- b. *Análisis forenses* (sobre biomecánica, análisis clínicos, psicológicos, etc.),
- c. *Ingeniería del tráfico* (geometría de la vía, señalización, visibilidad, etc.),

Las *conclusiones* de los informes, serán consideradas dentro del análisis que realiza el investigador, ya que aportarán en muchos casos datos relevantes para la propia culminación de la investigación (*justificación* de la *aceptación* o *descarte* en el tratamiento de hipótesis).

5.2. EXPERIENCIA DEL INVESTIGADOR (EXPI)

Una regla que no debe olvidar el investigador es que *jamás se ha de dar por buena la primera impresión que se recibe* (planteamiento de hipótesis y aceptación de la misma), *con respecto a la determinación de las causas, ante la llegada de los primeros datos de información, por importantes que puedan parecer, y todo ello, por muy basada que esté esa impresión en la experiencia del investigador.*

Es decir, siempre se han de *justificar* las hipótesis barajadas hasta llegar a su *aceptación* o *descarte*.

En accidentes singulares, la experiencia puede ser determinante a la hora de elegir una técnica o método de investigación más adecuado a esa particularidad concreta.

Esa experiencia adquirida por el investigador, le será de mucha utilidad a la hora de:

- a. **Organizar** la actividad desarrollada en el lugar de los hechos.
- b. **Decidir**, la adopción de medidas como las encaminadas a discriminar las fuentes de información allí existentes.
- c. **Asegurar**, las fuentes de información y la pronta recogida de datos, antes de que resulten viciados por otros elementos o se pierdan.
- d. **Captar** esa información subliminal que subyace en el lugar y que de alguna manera exteriorizan las personas implicadas en el accidente.
- e. **Determinar** sin precipitación las hipótesis de trabajo, más adecuadas a los hechos a desarrollar en la investigación así como la actividad de la recogida de información.
- f. **Redactar**, los documentos que deben ser confeccionados, en la forma y manera que mejor expresen los hechos y conclusiones obtenidas.

6. PROCESO DOCUMENTAL

6.1. DOCUMENTOS DE CAMPO

Durante la inspección ocular, el investigador confecciona fundamentalmente los siguientes documentos o registros de información:

* **El boceto** donde se reflejará el escenario, huellas y vestigios, posiciones finales, posición de conflicto (PC), puntos fijos, etc.

* **Hojas de mediciones** donde se anotarán las mediciones efectuadas a los puntos característicos de huellas, vehículos, etc., así como las que determinen la geometría de la vía.

* **Hojas de Datos**, también conocidas como **Cuadernos de Campo**, donde se anotarán documentaciones, identificaciones, exámenes de vehículos y sus órganos principales.

* **Fotografías** del lugar de los hechos, huellas y vestigios, punto de conflicto, posiciones finales y desperfectos y órganos de los vehículos que pudieron influir en el siniestro.

* **Toma de manifestaciones** a implicados o testigos, generalmente por escrito y excepcionalmente de forma verbal, que se plasmará posteriormente en el oportuno documento.

* **Pruebas de alcoholemia** y *Ficha de Sintomatología Externa* o de *Comportamiento*, caso de haber tenido el alcohol *influencia* en los actos protagonizados por los implicados.

* **Otras actuaciones**. Según la casuística de los hechos, se podrán realizar otras actuaciones con nuevas tecnologías aplicables al caso concreto, como grabaciones en video, fotogrametría, etc.

A partir de los documentos anteriores, se confeccionará en el gabinete *el croquis* o gráficos definitivos del accidente, el *álbum-Informe fotográfico*, se redactará la *inspección ocular*, así como se cumplimentarán los *cuestionarios estadísticos*.

6.2. CUADERNO DE CAMPO

Pretende ser la base para la práctica de la Inspección Ocular, tanto del experto investigador como del principiante.

El investigador podrá confeccionar el modelo que mejor se adapte a su grado o nivel de intervención en la investigación de accidentes de tráfico y a la exhaustividad por él pretendida.

Los puntos principales que el cuaderno de campo deber recoger son los siguientes:

- Datos de **conocimiento** del hecho y **comparecencia** en el lugar de los hechos, con las modificaciones existentes a su llegada, ubicación del AT y vehículos implicados.
- La **inspección ocular**, con los puntos fijos, características de la vía y huellas y vestigios observadas en el lugar de los hechos, así como posiciones finales. Deberá incluir el examen pericial y del estado de los vehículos implicados.
- Identificación de las **personas participantes y testigos**, con su manifestación.
- Reseña de **documentaciones** de vehículos.

6.3. EL BOCETO Y LA HOJA DE MEDICIONES

La primera actividad en la práctica de la Inspección Ocular, es observar el escenario del accidente con todos sus elementos, para hacernos una idea aproximada de los hechos, saber que tenemos que resaltar y datos a consignar en general.

En todo AT debe confeccionarse un boceto a mano alzada del lugar de los hechos, en el cual recoger aquellos numerosos datos que por su fugacidad podrían perderse, como puede ocurrir con huellas que duran escasos minutos. Con el boceto correctamente realizado, en el gabinete se podrá materializar el definitivo croquis con mayor facilidad y rigor.

A continuación se expone un modelo práctico de confección del boceto, que puede servir además para la recogida de datos cuando se realicen ambos métodos de forma conjunta.

6.3.1. Secuencias de la confección del boceto:

A. Dibujo.

El boceto se debe realizar a mano alzada con lápiz y papel común, con el apoyo de una carpeta rígida, procurando guardar proporcionalidad entre lo dibujado y la realidad, y siguiendo el proceso que a continuación se propone:

1. Describir el escenario de los hechos, es decir, trazado en planta de la vía con su señalización, arcones o aceras, cunetas, edificaciones, obstáculos fijos o eventuales, etc.

2. Huellas efímeras, como frenazos, fricciones, manchas de líquidos, restos de infraestructura, etc., con particular referencia al punto de conflicto (PC).

3. Situación final de las unidades de tráfico (PF), objetos desprendidos de la carga y en general de cuantos objetos puedan haber interaccionado en el accidente.

4. Cualquier elemento que coadyuve a reflejar con más detalles el escenario.

B. Puntos Fijos.

C. Puntos Característicos.

Tantos como sean necesarios para determinar perfectamente la forma de las posiciones finales de personas, vehículos, huellas y vestigios en general. El boceto contará con la orientación *norte* que completará la información de la ubicación geográfica, teniendo en cuenta la posición del Sol y el sentido de los vientos que se hubiesen presentado en la zona.

6.4. EL ATESTADO

6.4.1. Introducción

El Atestado realizado por la Policía Judicial, se encuentra regulado en su forma y plazos, en los artículos 292 al 297 de la Ley de Enjuiciamiento Criminal (LECrim.).

a) Objeto

Su objeto, según el Art. 282, es, comprobar el delito, descubrir a los delincuentes, recoger todos los efectos, instrumentos o pruebas del delito, y ponerlos a disposición judicial.

b) Definición

Se puede definir el atestado, como el "documento oficial en que una Autoridad o sus Agentes hacen constar como cierto algún hecho". Se podría añadir, además, que es la base para la iniciación de un procedimiento judicial de naturaleza penal.

c) Características

En todo caso, respetar las tres condiciones fundamentales que debe reunir un atestado:

- **Precisión.** Exactitud en las mediciones, en la redacción de las manifestaciones, en la determinación de las horas. No se deben utilizar expresiones dudosas.
- **Concisión.** Seleccionando las personas a interrogar y las preguntas a formular.
- **Detalle.** Que consiste en no omitir dato alguno que pueda resultar esencial.

d) Forma del atestado

Los atestados se extenderán **por escrito** (art. 292 LECrim.), salvo que el funcionario encargado no pudiera redactarlo, que lo sustituirá por una **relación verbal circunstanciada** ante quien debiera presentarlo (art. 294 LECrim.).

6.4.2. Diligencia de conocimiento de los hechos

Esta diligencia iniciará la mayoría de las veces el atestado y en ella se harán constar los datos del agente de la Policía Judicial que recibe la noticia, y de la Unidad en que presta sus servicios, así como el lugar en el cual se inicia la diligencia. En el caso de que la comunicación que se reciba sea un AT, no olvidará siempre que sea posible, reflejar los datos de aquél que participa la noticia y el lugar desde el que lo hace. Además, se hará constar en esta diligencia todos los datos que posean sobre el hecho en esta primera comunicación.

Normalmente la Diligencia de conocimiento de los hechos va unida a la de traslado y presentación del Instructor en el lugar del accidente. Es importante dejar constancia en la diligencia inicial de la hora en que se recibe aviso y de la hora en que se persona el equipo en el lugar, para dar idea de los cambios que pueden haber ocurrido en el escenario (Lasen, 1995).

No se olvidará de hacer constar en esta diligencia, las personas pertenecientes a Servicios Públicos –Policía, Sanitarios, Bomberos...- y la presencia de testigos que se encontraban en el lugar al personarse el instructor. Es fundamental realizar una primera indagación sobre las medidas de auxilio a las víctimas y las modificaciones habidas en personas y cosas.

6.4.3. Diligencia de manifestación

Esta diligencia requiere inmediatez y voluntariedad y sus extremos fundamentales son:

- Identificación completa de la persona y del permiso de conducir que posee.
- Requisitos legales inherentes al vehículo, permiso de circulación, ITV, seguro....
- Formulación de preguntas y redacción literal de sus respuestas, que nunca deberán sugerirse.
- Citar a los conductores para que comparezcan ante la Autoridad Judicial, caso necesario.
- Advertir que el vehículo queda a disposición judicial.

a) Interrogatorios a los implicados.

En los interrogatorios, hay que tener en cuenta las siguientes premisas:

- Observar las formalidades legales.
- No usar medios de averiguación que la Ley no permita.
- Evitar preguntas capciosas o sugestivas.

b) Otras manifestaciones de interés.

Independientemente de los conductores, existirán en muchos casos testigos, cuyas manifestaciones pueden aportar luz sobre la forma en que se desarrollaron los hechos.

Se tomarán sus datos personales y direcciones, procediéndose si fuera necesario en el lugar de los hechos a tomarles declaración sobre lo acaecido. La negativa a identificarse puede constituir falta penal y cuando las circunstancias lo aconsejen por razones de la investigación, se puede proceder a su traslado a dependencias policiales, al amparo del art. 495 de la LECrim., donde se instruirá el correspondiente atestado.

Los testigos no participantes en los hechos, podrían clasificarse como **visuales**, si presenciaron el hecho, o **auditivos**, si sólo lo escucharon.

Se procurará establecer una selección adecuada de los testigos, no desechando, sin antes comprobar, lo manifestado, juzgando posteriormente sobre su valor.

Las partes fundamentales de la diligencia, serán:

- Identificación.
- Determinar su ubicación en el momento del accidente.
- Formulación de preguntas y redacción de respuestas, diferenciando entre "si vio" o "si oyó".
- Citación de comparecencia al igual que con los conductores.

6.4.4. Diligencia de inspección ocular

Es la diligencia fundamental en el atestado de tráfico (Lasen, 1995). En ella se describirán de forma metódica, el escenario de los hechos, los restos, huellas, marcas, vehículos implicados, la posición de los implicados y testigos, así como los efectos del accidente.

Esta diligencia deberá contener los siguientes datos:

- Identificación de los funcionarios de la Policía Judicial que intervienen en la diligencia
- Localización exacta del accidente en tiempo (día y hora)
- Localización exacta del accidente en el espacio vía, Km. término municipal).
- Descripción del lugar: anchura de la vía, aceras, arcones, márgenes,...
- Señalización existente.
- Circunstancias ambientales en el momento del AT y a la llegada de los instructores.
- Situación de los vehículos después del accidente (PF).
- Situación de víctimas y cadáveres, si los hubiere.
- Situación de los restos desprendidos de los vehículos.
- Descripción y situación de huellas y vestigios en el escenario.
- Daños en vehículos

De toda inspección ocular se levantará la correspondiente "Acta de constancia", que es como denomina la LECrim. al resultado del proceso de documentar esta diligencia. Así, el art. 770 dispone que la Policía Judicial, acudirá de inmediato al lugar de los hechos, acompañando al acta de **fotografías** o cualquier otro soporte de reproducción de la imagen cuando sea pertinente para el esclarecimiento del hecho y exista riesgo de desaparición de sus fuentes de prueba, y **recogerá y custodiará** en todo caso los efectos, instrumentos o pruebas del delito de cuya desaparición hubiere peligro, para ponerlos a disposición de la autoridad judicial.

6.4.5. Diligencia de parecer de informe

Es esta diligencia se refleja el resultado reflexivo, en base a sus conocimientos y experiencias, que el instructor realiza sobre los resultados que ha ofrecido la Inspección Ocular, las manifestaciones de implicados y testigos, el examen de los daños en los vehículos, el estudio de los vestigios y las demás circunstancias que rodean al accidente objeto de la investigación.

En ella se expresa la reconstrucción abreviada del accidente y las causas que, a su juicio, determinaron que el evento llegara a producirse. Generalmente, esta diligencia se incluye en el Atestado en aquellos casos en los que no se va a realizar Informe Técnico. Es por lo tanto, una diligencia vital en la investigación de un accidente de tráfico.

6.5. EL INFORME TÉCNICO: PERSPECTIVA POLICIAL Y DEL ANALISTA RECONSTRUCTOR

6.5.1. Introducción

A. Concepto de informe técnico.

El Informe Técnico es el documento que como ampliación técnica del correspondiente Atestado, en determinados accidentes, emiten los especialistas policiales en investigación de accidentes, y donde se reúne el conjunto de datos recogidos en la Inspección Ocular, verificación técnica, testimonios y resultados de pruebas e Informes Periciales. Todos los datos son analizados en detalle, fundamentalmente desde el punto de vista de la reconstrucción del hecho y partiendo de la Teoría de la Evolución del Accidente (TEA), aplicando para ello técnicas de la investigación propia de AT, para la recogida de datos correspondientes a los tres factores que de forma ineludible intervienen, en todo accidente, fundamentalmente el HOMBRE y sus circunstancias, la VÍA y su entorno y el VEHÍCULO y su tecnología.

A dicha información, además de las técnicas descritas se le aplican cuando es necesario, cálculos de física y dinámica, para de forma razonable determinar el *Cómo* se produjo el accidente y en el mejor de los casos el *Porqué* se produjo el mismo.

A este documento y como anexos, se adjuntan necesariamente el CROQUIS, el INFORME FOTOGRÁFICO, y cuando es necesario los INFORMES PERICIALES.

B. Croquis

Los croquis son dibujos sencillos y de fácil interpretación que tienen por finalidad representar desde el punto de vista del investigador, el lugar de los hechos, objetos de interés y la evolución del accidente, al menos en las posiciones *iniciales*, de *conflicto* y *finales*.

Su materialización es el resultado de los datos recogidos en el boceto y hoja de mediciones, sin olvidar el apoyo que, en cuanto a información aportada, tienen las fotografías.

Para la representación del lugar y de los hechos en sí, se pueden utilizar:

1. **Croquis en planta y perfil.** El primero es una vista cenital del lugar en dos dimensiones (*longitud* y *anchura*), mientras que el segundo proporciona la medida de la *altura*.

2. **Croquis secuencial gráfico.** Es la realización de varios croquis reflejando acciones y posiciones consecutivas en el espacio, que ayudan a la comprensión del desarrollo del evento.

3. **Otros diagramas explicativos. Escala gráfica.** Mediante *diagramas* se pueden representar detalles de vehículos, piezas, huellas, vestigios, accidentes del terreno, obstáculos, etc., trasladando el resultado de la investigación.

La *escala gráfica*, por su parte ayuda al observador a obtener información sobre las dimensiones reales de los objetos reflejados en el croquis.

Ejecución del croquis

Debe hacerse de una manera gradual y progresiva, en fases sucesivas, y de modo que pueda ser utilizado en cualquiera de ellas. Así podríamos marcar perfectamente las fases:

1. FASE DE CAMPO, ya explicada con anterioridad.
2. FASE DE GABINETE: elección de la escala, realización completa del croquis y escala gráfica, inclusión del asunto, leyenda y orientación y la identificación del autor.



Escenario para croquis realizado con PPA

C. Informe o álbum fotográfico

Documento que complementa los datos obtenidos en la Inspección Ocular, muy útil en la investigación del AT, pero que no debe sustituir a las mediciones y croquis efectuados.

D. Otros informes periciales

• De Reconstrucción de Accidentes de Tráfico

La reconstrucción de AT, es la reposición de cada elemento o factor que intervino, para cada momento y lugar (posiciones) en que fue actualizándose el evento, principalmente en las situaciones *antes*, *durante* y *después* de la colisión, adjudicándosele a cada unidad de tráfico un comportamiento u otro (toma de decisiones del factor humano) con respecto a su “itinerario”, en función de las acciones (evasivas) y sus resultados, teniendo presente la TEA.

La principal premisa de la reconstrucción, es una amplia y correcta información, premisa de la que debe gozar el atestado, informe técnico y demás documentos confeccionados por el investigador policial, pues por su inmediatez en la intervención lo hacen testigo privilegiado de hechos, vestigios y en general, de aquellos elementos efímeros e irreproducibles, que en su mayoría, registrados con los requisitos legales y ratificados en la vista oral, pueden llegar, sin encajar exactamente en el perímetro de la Prueba Preconstituida o Anticipada a ser aprovechables como elementos de juicio coadyuvantes (STC 157/1995),

como pueden ser *huellas de frenado* (o de fricción en general), *croquis*, *fotografías* y *prueba de alcoholemia*.

Estas reconstrucciones “secuenciales” se pueden plasmar además en:

a. **Croquis o gráficos.** Una investigación rigurosa y metódica, debe verse plasmada con una buena presentación gráfica, de tal forma que sea totalmente comprensible. Existen cuatro métodos de representación gráfica de una reconstrucción técnica:

La representación numérica. Se traduce la reconstrucción en una serie de tablas que relacionan el tiempo, el espacio y la velocidad de una forma numérica para cada unidad de tráfico o persona implicada.

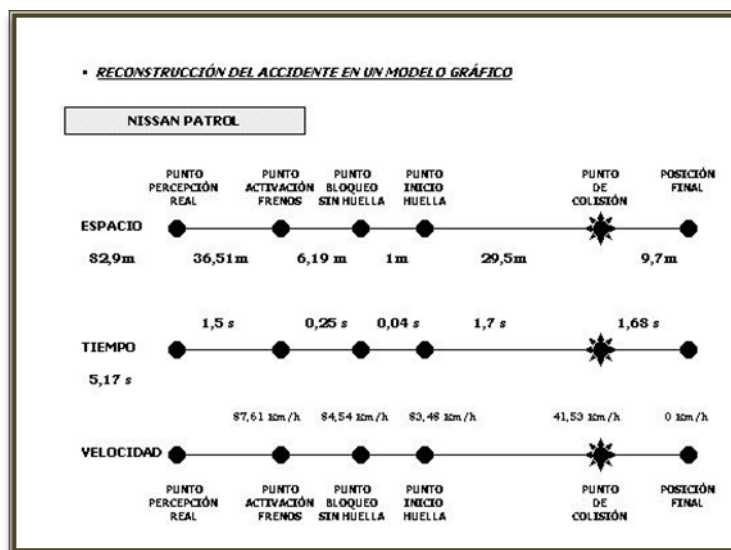
La representación en dos o tres dimensiones de forma animada (infografía). Esta forma de explicitar los resultados de una reconstrucción es la más espectacular y resolutive, pero necesita el auxilio de un programa gráfico de animación. No se debe confundir esta técnica de animación de una reconstrucción analítica, con la expresión en tres dimensiones de los resultados de un programa de reconstrucción o simulación de accidentes por ordenador.



*Representación animada en dos dimensiones
Fuente: Escuela de Tráfico de la Guardia Civil.*

La representación gráfica. Croquis a escala de las diferentes fases del accidente representado en dos o tres dimensiones. No confundir la representación gráfica a escala con los dibujos que sirven para reproducir una hipótesis del perito o un detalle del accidente.

La representación mixta numérico-gráfica. Esta forma de exponer los resultados es más simple que la representación animada y conjuga la propia teoría de la evolución con los datos de espacio y tiempo fundamentales para los vehículos y personas implicadas. Es necesario coordinar las unidades de tráfico que colisionan o las personas que están involucradas.



Representación mixta numérico-gráfica

Fuente: Escuela de Tráfico de la Guardia Civil

b. **Expresiones videográficas**, bien sea de la inspección ocular o del lugar dentro de la explicación de una reconstrucción, y reconstrucciones “infográficas” que pretenden representar con imágenes, el hecho real.

c. **Exposiciones verbales** en la comparecencia a la vista oral.

• Informes Periciales

Los equipos de investigación y reconstrucción deben de estar en condiciones de emitir, los siguientes Informes Periciales:

1. **El Informe Pericial de Reconstrucción del Accidente.**

Tiene como mejor exponente de su representatividad, el INFORME TÉCNICO emitido de forma completa, es decir cumplimentando el apartado de Reconstrucción del Accidente.

Dicha modalidad de informe, aporta en fases sucesivas lo siguiente:

1. Los elementos objetivos que han intervenido en la producción del accidente.
2. La valoración técnica de todas sus circunstancias.
3. Un razonamiento lógico-deductivo del desarrollo del evento.
4. Un análisis de las *tomas de decisiones* del factor humano.
5. Una exposición de las causas, que han contribuido a que el accidente tuviera lugar.

2. **Los Informes Periciales de cálculos de velocidad.**

Tienen como fin fundamental, la aportación de cálculos objetivos de la velocidad, a la que “como mínimo” circulaba un móvil en la Posición de Percepción Posible (PPP), en la de Percepción Real (PPR), en la de Decisión (PD), así como en los instantes antes de que se produjera la colisión o salida de la vía (PC).

El cálculo parte de los datos objetivos recogidos en la inspección ocular practicada sobre los factores vehículo y vía que intervinieron en el accidente, para a partir de ellos, bien en forma de cálculos tradicionales o con la ayuda programas informáticos de reconstrucción de accidentes, llegar a la determinación de la velocidad a la que como mínimo se desplazaba

el móvil en cada una de las posiciones de la TEA y fundamentalmente a la que circulaba en el instante anterior a la posición de máximo efecto o de colisión (PC).

3. Otros Informes Periciales.

Los contrainformes, tienen como finalidad exponer lo que se ha apreciado de los elementos objetivos que han intervenido en la producción del accidente, para contrastarlo con lo obtenido en informes o conclusiones contradictorias.

6.5.2. Cuándo se emite el Informe Técnico

Este documento, debe confeccionarse en aquellos AT graves por cuya complejidad, se requiere un mayor esfuerzo investigador y de elaboración, así como a solicitud judicial.

A. Accidentes graves.

Se toma en consideración en este punto la normativa de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, dada su permanencia en el tiempo y fiabilidad ante los Juzgados, y por la cual se consideran accidentes graves:

1. Cuando fallece algún implicado en el acto, o dentro de las 24 horas siguientes.
2. Cuando hay gran número de vehículos implicados.
3. Cuando el número de heridos graves se considera importante (más de 3).
4. Cuando se trata de un AT de transporte escolar, mercancías peligrosas o características singulares (los que causan cierta *alarma social*, p.ej. autobuses de pasajeros).

B. Solicitados judicialmente.

Cuando así lo solicite la Autoridad Judicial dentro de los actos de prueba que se llevan a cabo en los procesos del Juicio Ordinario o del Juicio Verbal

C. A solicitud de las partes.

Las partes litigantes en un proceso podrán solicitar de investigadores privados con la cualificación suficiente como Peritos, para que emitan Informes Técnicos Periciales para fundamentar su defensa. Estos documentos tendrán la consideración de documentos privados.

6.5.3. Estructura

La estructura de Informe Técnico que a continuación de detalla, es el modelo propuesto para ser utilizado por los Equipos de Atestados de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, fruto de la praxis adquirida durante muchos años.

1. ASUNTO.
2. COMPARECENCIA.
3. PERSONAS IMPLICADAS:
 - 3.1.- CONDUCTORES:
 - 3.2.- USUARIOS:
 - 3.3.- PEATONES:
 - 3.4.- TESTIGOS:
 - 3.5.- MODIFICACIONES HABIDAS EN LAS PERSONAS.
4. VEHÍCULOS IMPLICADOS:
 - 4.1.- VEHÍCULOS IMPLICADOS:
 - 4.2.- EXAMEN DE LOS VEHÍCULOS:
 - 4.3.- MODIFICACIONES EN LOS VEHÍCULOS.
5. DESCRIPCIONES DEL LUGAR DEL ACCIDENTE:

- 5.1.- CLASE DE VÍA Y CARACTERÍSTICAS:
- 5.2.- HUELLAS Y VESTIGIOS:
- 5.3.- MODIFICACIONES EN HUELLAS Y VESTIGIOS.

6. EXTRACTO DE LAS MANIFESTACIONES DE INTERÉS:

- 6.1.- CONDUCTORES.
- 6.2.- USUARIOS.
- 6.3.- PEATONES.
- 6.4.- TESTIGOS.
- 6.5.- OTRAS MANIFESTACIONES O INFORMES

7. RECONSTRUCCIÓN DEL ACCIDENTE:

- A. EVOLUCIÓN DEL ACCIDENTE:
- B. CÁLCULOS DE VELOCIDAD:

8. CAUSAS DEL ACCIDENTE:

- 8.1. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS.
- 8.2. JUSTIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.
- 8.3. CLASIFICACIÓN DE LAS CAUSAS.

9. APRECIACIÓN DE LA FORMA EN QUE SE PRODUJO EL ACCIDENTE

10. ENTREGA DEL INFORME TÉCNICO.

6.5.4. Proceso de elaboración

A. Portada

La portada contiene los datos de identificación de la Unidad, Departamento o Colegio de Peritos al que pertenece el autor o autores del Informe.

Asimismo deberá contener un extracto del hecho que las motiva; parte litigante o Autoridad que las solicita o en el que se entregan, así como el número del Informe Pericial.

B. Cuerpo del informe técnico

• Punto Uno. ASUNTO

Aquí, de nuevo se hace una breve reseña o extracto de la noticia completa del AT.

• Punto Dos. COMPARECENCIA

En la comparecencia se han de tener en cuenta las premisas siguientes: conocimiento del hecho; primeras noticias que se tienen de él; identificación de quien lo participa, así como medios que utiliza; hora de llegada (en el caso de FCS) al lugar del evento; identificación de las primeras personas y organismos allí presentes (bomberos, sanitarios, etc.).

• Punto Tres. PERSONAS IMPLICADAS

Dentro de cada uno de los apartados, del 3.1 al 3.3., primero se consignarán los Fallecidos, luego los Heridos Graves, después los Heridos Leves, y por último los Ilesos.

* De cada **Conductor** se reseñará su permiso de conducción, restricciones al mismo, si utilizaba el cinturón o casco de protección y lesiones sufridas.

* Respecto a los **Usuarios**, se expresará el asiento que ocupaban, si utilizaban el cinturón o casco de protección y lesiones sufridas.

* De los **Peatones**, se consignarán los colores y tipo de su ropa en el momento del AT.

* Habiendo **Testigos**, se reseñará la calidad de los mismos (directos o de referencia; independientes o con relación con alguno de los implicados), si está o no en posesión de Permiso o Licencia de Conducir y posición en la que se encontraba respecto al lugar en que ocurrió el accidente y más concretamente con respecto a la Zona o Posición de Conflicto.

* De los apartados 3.1. al 3.3., se consignarán solamente aquellas personas que estén implicadas en el accidente, omitiendo los apartados inexistentes. El apartado 3.4, **Testigos**, siempre figurará en el Informe Técnico aún cuando no existan, escribiéndose "No existen" o "No se conoce la existencia de testigos del accidente". * En el apartado 3.5., **Modificaciones**, se reseñará si los heridos fueron evacuados a Centros Médicos, si los fallecidos fueron retirados de la calzada (en su caso) y si las personas implicadas, se ausentaron del lugar por cualquier motivo, etc.

- **Punto Cuatro. VEHÍCULOS IMPLICADOS**

* En el apartado 4.1., se reseñarán los vehículos uno por uno, con todos sus datos, haciendo constar si tiene la ITV en vigor.

* En el apartado 4.2., se describirá el examen realizado con el fin de comprobar el estado de los vehículos en el momento anterior del AT y de los desperfectos sufridos.

* En el apartado 4.3., se consignarán las modificaciones habidas en los vehículos, respecto si se han movido de su PF, objetos que les hayan sido retirados y por quien, etc.

- **Punto Cinco. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DEL ACCIDENTE**

* En el apartado 5.1., el Instructor tomará un sentido de circulación como referencia para hacer las descripciones, medidas, etc.

La reseña de la vía debe ser lo más completa posible, permitiendo una imagen total y fidedigna del escenario del accidente y sus inmediaciones, independientemente de la existencia de fotografías. No se olvidarán los márgenes de la carretera o calle, así como otros datos que puedan resultar de interés (edificaciones, obstrucciones visuales, etc.).

Cuando existan cruces, bifurcaciones, etc., donde coincidan varias vías, se deben reseñar los datos del tramo donde ocurrió el accidente y de aquellos otros por donde circulara algún vehículo o influyera con su simple trazado, de alguna forma, en el accidente.

Se debe estudiar la Visibilidad de la vía para cada sentido por separado, así como las Obstrucciones visuales que en la misma pudiera haber. No debe omitirse ningún tipo de señalización existente en el lugar. Es importante señalar la situación y sentido que se encuentra la señal, visibilidad y estado de la misma, etc.

* En el apartado 5.2. se reseñarán las **evidencias** encontradas, tales como *huellas de frenada y fricción, partes de vehículos, restos de infraestructura, daños a cosas ajenas, etc.*

* En el apartado 5.3. se consignarán las modificaciones que se produjeron en los vestigios, desde la ocurrencia de los hechos hasta la llegada de la fuerza instructora.

- **Punto Seis. EXTRACTO DE LAS MANIFESTACIONES DE INTERÉS**

Se trata de resumir las manifestaciones contenidas en el Atestado que resulten de interés, omitiendo aquellas que no aporten nuevos datos o luz a la investigación. Se hará constar un extracto del resultado de las pruebas practicadas (alcoholemia y drogas) y las conclusiones de los informes periciales que se hubieren practicado.

- **Punto Siete. RECONSTRUCCIÓN DEL ACCIDENTE**

En este apartado, se pretende realizar la reconstrucción del accidente de tráfico para cada uno de los vehículos y unidades de tráfico implicados en el mismo, de acuerdo con la Teoría de la Evolución del Accidente.

En un primer punto se reseñarán las Posiciones Inicial, de Percepción Posible, de Percepción Real, de Decisión, de Conflicto y Finales de todos los implicados en el evento.

En el segundo se harán constar los estudios de velocidades iniciales, en la colisión y postcolisión, así como las líneas de fuerza.

Finalmente, para cada unidad de tráfico (y en algunos casos, también para los elementos análogos), se hará un estudio de las sucesivas posiciones de percepción que hayan tenido los diversos conductores y peatones en el transcurso del accidente, señalando, además de la *toma de decisiones*, si el grado de atención y tiempo de reacción de cada uno de ellos han sido propios de un conductor o peatón normal o bien iban distraídos en su acción de movilidad

6.5.5. Informes periciales

A. De reconstrucción.

Si el Informe Pericial solicitado es de reconstrucción del accidente, su estructura y desarrollo será muy similar a la expresada en los apartados anteriores.

B. Informe de velocidad.

Su estructura y proceso de elaboración podría ser el siguiente:

1. PORTADA.

2. DATOS DEL ACCIDENTE. En este apartado se harán constar de forma ordenada, cuantos datos se tenga de los factores que intervienen en el accidente, con expresa indicación de la fuente (atestado, otro informe pericial, de propia investigación, etc.).

3. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD.

1. Métodos teórico-prácticos. Partiendo de los diferentes métodos que proporciona la física y la dinámica, identificando y razonando el que se aplica en el caso concreto de forma clara y sencilla, se desarrolla de forma resumida, razonando los datos de entrada y la fuente de donde proceden, finalizando este apartado con el resultado numérico-objetivo del mismo.

2. Programas informáticos. Con el apoyo de programas informáticos de reconstrucción de accidentes y utilizando las mismas fuentes de datos que en el método del punto anterior, realizar la reconstrucción con los razonamientos al caso, haciendo constar el resultado para anexar al informe junto con la información complementaria que los programas aportan (gráficos, datos numéricos, fichas de vehículos, etc.).

3. Gráficos. Se podrán añadir, para mejor y completa explicación, gráficos lineales de la dinámica de los vehículos estudiados, acorde con la TEA, es decir, con la expresión, cuando sea posible, de la PF, PC, PD y PPP al menos.

4. CONCLUSIÓN. Exposición ordenada de los hechos que se consideran por convicción del perito/investigador, de ocurrencia probable para éste accidente.

5. ENTREGA. Se cierra el informe con el lugar de emisión, fecha y firma del autor.

C. Otros informes o contrainformes.

Su forma y estructura serán similares a los anteriores, en función y contraposición de los ya emitidos en la materia y por ello se razonarán en el sentido de criticar, entre otros:

1. La adecuación o no de los métodos empleados.
2. La posibilidad de aplicación de otros métodos.
3. Los datos que han sido utilizados y tenidos en cuenta, respectivamente.
4. La perspectiva desde la cual han sido considerados y valorados.
5. Las fuentes de datos.
6. Las particulares consideraciones y valoraciones sobre el factor humano.

6.6. EL ÁLBUM-INFORME FOTOGRÁFICO

6.6.1. Introducción a la fotografía de investigación

Este tipo de fotografía con independencia del origen de su obtención, es decir tradicional o digital, pretende, básicamente, recoger un tipo de información muy peculiar que tiene por objetivo servir de documento, y en algunos casos y con las debidas formalidades legales, de *prueba*, de la ocurrencia de un hecho.

1. Ventajas.

- a. *Fidelidad del testimonio*. La fotografía recoge la escena tal y como se presenta delante de la cámara, desprovista de toda subjetividad.
- b. *Testimonio instantáneo y permanente*. En la fotografía se refleja la realidad del instante en que se realiza, reproduciendo imágenes de difícil o imposible reconstrucción.
- c. *Reproductibilidad*. Se pueden hacer el número de copias que sean necesarias.
- d. *Permite y facilita la investigación*. Permite apreciar circunstancias o elementos que pudieron pasar desapercibidos en el lugar de los hechos.
- e. *Permite la reconstrucción de los hechos*. Reconstruyendo el escenario a partir de la fotografía y complementando al croquis.
- f. *Facilita la identificación de personas*. A través de álbumes de fotos de personas.
- g. *Facilita la prueba*. La fotografía permite mostrar los vestigios y los objetos en los que el investigador se apoya para llegar a las conclusiones de su informe.

2. Limitaciones. Las ventajas de la fotografía y la imagen en general, no excluyen ciertos inconvenientes, como pueden ser:

- a. *Deficiente reflejo de las dimensiones*.
- b. *Falta de proporcionalidad entre los objetos que aparecen en la fotografía*.
- c. *Difícil representación de la verticalidad de las líneas*.
- d. *Coloca en un mismo plano objetos que el ojo humano observa en planos diferentes*.
- e. *No traduce los colores con fidelidad*.

Las limitaciones pueden resolverse, parcialmente, levantando croquis o gráficos del lugar, colocando *testigos métricos*, empleando cámaras con dispositivos especiales tipo “macro”, utilizando la técnica de fotogrametría, que permite observar la escena en tres dimensiones y levantar planos detallados y exactos del lugar, etc.

6.6.2. El documento fotográfico: informe o álbum fotográfico

El **informe fotográfico** o **álbum fotográfico**, es considerado por los investigadores de accidentes de tráfico, como un documento que complementa los datos y pruebas obtenidos en la Inspección Ocular, y un medio muy útil en la investigación del accidente, si bien nunca deben sustituir a las mediciones o croquis efectuados. Además de la captación de imágenes fijas, con la cámara de vídeo, se puede obtener un complemento idóneo de la inspección ocular de los accidentes, debiendo contener al menos:

- 1º. Una animación de la imagen general del *escenario de los hechos* que contenga las características de la vía, señalización y otros elementos.

2º. Una visión animada de la ubicación y características de *huellas y vestigios* hallados en la investigación, tanto en el lugar escenario de los hechos, como en otros escenarios.

3º. Una animación de las *unidades de tráfico implicadas*, explicativas de su estado final, que sea expresivo de los daños o lesiones sufridas, estado final de elementos de seguridad activa y pasiva en el caso de vehículos, etc.

La fotografía es un medio de gran aplicación en el campo de la Investigación Criminal. No debe existir una investigación de un AT, sin que se incluya la fotografía, al constituir la misma una de las fuentes de evidencia o de prueba más precisa y fiable ante los tribunales.

La fotografía en esta fase, pretende a groso modo, ubicar las huellas y vestigios localizados sobre el escenario del accidente, de forma fundamental con respecto a éste, es decir su relación con los demás elementos característicos, determinantes y singularizadores del escenario de los hechos objeto de la investigación.

Las fotografías se deben tomar *durante la Inspección Ocular y a medida que vayamos recogiendo datos sobre el accidente*, debiendo fotografiar lo antes posible las pruebas que puedan desaparecer con facilidad, como los restos de cristales o huellas de impresiones. Otras, como las panorámicas del lugar del accidente, desperfectos de los vehículos o las señales existentes pueden esperar más tiempo. Cuando el accidente haya sucedido de noche, nos limitaremos a obtener en esos momentos salvo una amplia y adecuada luz artificial, aquellas fotografías, de *detalle*, que podamos efectuar con el "flash", volviendo en horas diurnas, para obtener aquellas fotografías que podamos posponer.

6.6.3. Tipo de fotografías

Se deben fotografiar todas aquellas *pruebas o datos que consideremos de importancia en el accidente* y que permitan complementar la Inspección Ocular y el croquis realizado.

A. Panorámicas. Deben ser fotografías tomadas desde el "punto de vista" que tenían los conductores y peatones, o incluso, más amplias, que permitan una correcta observación del lugar en todos los sentidos de circulación llevados por las unidades de tráfico implicadas.

Notas al pie de la fotografía. Como ilustración de cada fotografía de este tipo, se deben poner diversas *notas* que expresen:

1. *Sentido de circulación.*
2. *Trayectorias seguidas por cada vehículo o unidad de tráfico.*
3. *Otros aspectos generales como puntos fijos, señales, etc.*

B. Huellas y vestigios. La fotografía de huellas, restos de cristales e infraestructura, líquidos, etc., fundamentalmente los que se hallen sobre la calzada, constituyen elementos importantísimos de información objetiva para la clarificación de los hechos.

En las fotografías de huellas y vestigios, deberá apreciarse:

1. Las características generales de la huella y su **ubicación panorámica** con respecto a la calzada (carril donde se encuentra), señalización existente y visibilidad de la vía (a efectos de la posible determinación de la PPP).
2. Su **ubicación en referencia** con respecto a la PF del vehículo o *unidad de tráfico* que la hubiera producido (si la misma fuera próxima), de otras unidades de tráfico, de otros vestigios que ayuden a su perfecta ubicación dentro del escenario.
3. El **detalle** de las huellas o vestigios objeto de la investigación, que permitan la identificación de sus características, tipología, elemento que la ocasionó, otras

huellas mezcladas o confundidas con la investigada, así como otros detalles que a corta distancia sean visibles y aporten información para la investigación.

C. Punto de Conflicto o Colisión. Igualmente importante es la fotografía del vestigio que marca el PC, como la zona de acumulación de restos de infraestructura, cristales y partes de los vehículos, que como resultado de la colisión caen y se depositan en las proximidades del punto donde entran en contacto las unidades de tráfico implicadas. Igualmente del punto de la desalineación de huellas y dónde se aprecien surcos sobre el pavimento como consecuencia del contacto de partes metálicas de los vehículos.

D. Posición final de los vehículos. Se obtendrá al menos una fotografía para cada vehículo en la que se recogerán detalles de su entorno que nos permitan su ubicación.

E. Desperfectos. A continuación de la fotografía de la PF, irá la de desperfectos de cada vehículo, tomada a escasa distancia y explicado en las notas, los mecanismos averiados a consecuencia del accidente, o bien ya estaban averiados antes de que se produjera el mismo y pudieran haber contribuido al mismo (alumbrado, dirección, frenado, suspensión, etc.).

F. Posición del cadáver. La fotografía desde el punto de vista de la investigación, va a tener dos cometidos; por un lado facilitar las posibles tareas de identificación, y por otro, ubicar el cadáver en el escenario (su posición final y disposición con respecto a la vía y vehículos implicados) y la descripción de las lesiones que a simple vista presente.

G. Notas al pie de las fotografías. Debajo de cada fotografía se debe poner una pequeña *leyenda* que explique brevemente la imagen (p. ej. panorámica sentido a...) y que resalte algunos *detalles* que sin ser el objeto principal de la imagen obtenida, constituyan un complemento de la información que aporta, como señales, huellas, etc., que deben corresponderse con una señal (flecha, círculo, etc.) dibujada sobre la imagen para llamar la atención.

Si disponemos el orden de las fotografías de forma secuencial como se ha explicado anteriormente (ordenadas desde las posiciones iniciales –fotografía panorámica-, tomas de huellas y vestigios pre-colisión, de las huellas y vestigios determinantes del PC, de las huellas y vestigios pos-colisión, hasta las PF de personas y vehículos), relacionando el espacio y los tiempos, podríamos conseguir lo más parecido a una película del accidente, es decir, una visión de los factores intervinientes desplazándose por el lugar de los hechos.

6.6.4. Daños a elementos del vehículo

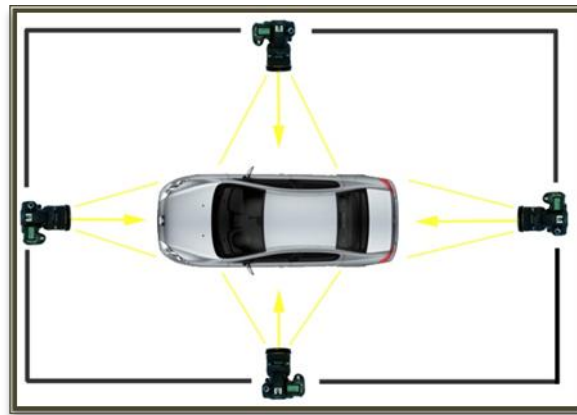
Los desperfectos reseñados en el punto E, se pueden recoger en los siguientes apartados:

1. Vista general del vehículo.

Con respecto a las fotografías a tomar del vehículo, el investigador debe plantearse la siguiente pregunta, ¿Cómo y cuántas fotografías se han de tomar?

Para dar cumplida respuesta, debemos tener en cuenta que uno de los inconvenientes de la fotografía, es el reflejo de imágenes en dos dimensiones, por lo que para optimizar el resultado, sobre todo con vistas a la consideración de profundidades e importancia de las deformaciones sufridas por los vehículos (de suma importancia para la *reconstrucción de accidentes*), es aconsejable que las fotografías se tomen desde las proyecciones de los ejes longitudinal y transversal, lo que suponen al menos *cuatro fotografías* (una de cada lateral, más la frontal y trasera), que con *la cenital* (fotografía sobre la vertical del vehículo), conforman, lo que se consideran las **CINCO fotografías básicas** del entorno de un vehículo, desde el punto de vista de la fotografía policial.

Además de las *cinco fotografías básicas*, y como complemento a estas, se pueden tomar cuantas fotografías desde los ángulos se consideren necesarias, para completar la visión del estado final del vehículo accidentado. En algunas ocasiones y por ciertos investigadores, se realizan solamente las tomas angulares al representar éstas, a la vista del ojo humano, una visión llamativa de los daños sufridos y estar en la creencia de que con ellas se aprecian mejor los detalles de la zona afectada así como de la cuantía e importancia de los daños, cuando en realidad lo que hacen es confundir una fotografía de reportaje periodístico –muy espectacular–, pero poco policial, con la fotografía de éste carácter.



Toma de fotografías desde las proyecciones de los ejes longitudinal y transversal

2. Detalles. Además de recoger la vista externa del vehículo, se deberán obtener aquellas fotografías de "*detalle*" sobre los órganos de relevancia que hubieran tenido incidencia en el accidente; con respecto a los **daños sufridos**:

- a.** Daños que pudiera presentar *ANTES*, hayan o no contribuido al accidente.
- b.** En el accidente, es decir desde el primer contacto, máximo enganche y el desenganche (*DURANTE*).
- c.** Daños que se le pudieron producir *DESPUÉS* del evento, durante el acarreo.

Igualmente se deben fotografiar aquellas huellas y vestigios ubicados en el vehículo, como manchas biológicas, restos de tejidos, etc. En estas fotografías es conveniente poner un *testigo métrico*, para observar claramente la dimensión real del objeto.

Cualquier mención que en el Informe Técnico se haga de la intervención de un elemento del vehículo causante del accidente supondrá un exhaustivo reportaje fotográfico de dicho órgano, por ejemplo: reventón de neumáticos, rotura de la dirección, etc.

7. DOCUMENTOS ESTADÍSTICOS

7.1. DOCUMENTOS ESTADÍSTICOS

La epidemiología de las lesiones sufridas en los AT, supone el conocimiento de su frecuencia y distribución en el tiempo espacio y según los grupos de población, así como el estudio de sus circunstancias determinantes, por lo que resulta necesario tener un conocimiento adecuado de la accidentalidad y sus características más destacables, todo ello para iniciar acciones preventivas tendentes a la disminución de los accidentes y sus graves consecuencias. En todos los países de la Conferencia Europea de Ministros de Transportes, son los cuerpos policiales los que tienen la responsabilidad de recopilar información sobre los accidentes de circulación a partir de su comparecencia en el lugar de los hechos.

Independientemente de encauzar su labor de investigación con la confección del oportuno atestado e informe técnico, los cuerpos policiales están obligados a confeccionar en España los **Partes Estadísticos de Accidentes**, tanto de víctimas como de sólo daños materiales, pudiendo coexistir con otros de distintos organismos con responsabilidad en tráfico.

Como características más relevantes, estos partes estadísticos (especialmente el de víctimas), recogen información exhaustiva sobre el accidente, vehículos implicados, víctimas, circunstancias del accidente e historial de conducción, incluyéndose además un sencillo croquis representativo del lugar del accidente. La información estadística recogida se publica posteriormente en los boletines y anuarios de la Dirección General de Tráfico.

Estas particularidades, unidas a la facilidad de acceso a los datos resumen, ha propiciado que los Partes Estadísticos de Accidentes sean la fuente de información del accidente de tráfico a la que con mayor frecuencia recurren los investigadores.

7.1.1. Orden de 21 de febrero de 1962

La primera norma que unificaba los criterios a seguir para la elaboración de una estadística de accidentes a nivel oficial en todo el territorio del estado, fue la Orden de la Presidencia del Gobierno de 21 de febrero de 1962.

La tarea de ejecución le fue encomendada a la Jefatura Central de Tráfico, con la colaboración de la Agrupación de Tráfico de la Dirección General de la Guardia Civil y de las Autoridades municipales, cuyo personal debía cumplimentar los cuestionarios estadísticos. Igualmente se le encomendaba a la Dirección General de Banca, Bolsa e Inversiones en cuanto a las indemnizaciones satisfechas por accidentes de circulación. Avanzando en el tiempo, la Comisión Nacional de Seguridad Vial fue creada por R.D. 1089/1976 de 23 de abril, ante el desarrollo alcanzado por la circulación vial y la preocupación por la seguridad en las vías públicas. Dicha Comisión elaboró un nuevo proyecto que reformaba la estadística de accidentes de circulación existente y se ajustaba tanto a las necesidades estadísticas de los sectores implicados como a las recomendaciones internacionales.

Poco después de la creación de la Comisión, la Dirección General de Tráfico, ordenaba el 24 de febrero de 1979 la confección de Informes anexos a los Cuestionarios Estadísticos de 1962, para la investigación de los *“accidentes graves o singulares entendiéndolo como graves aquellos en los que se haya producido un muerto como mínimo y como singulares aquellos en que, por sus características especiales, se vea afectado un número elevado de vehículos, se produzca un número considerable de heridos graves o leves (5 ó más) o tenga alguna peculiaridad digna de resaltar como la niebla, baches, etc.”*.

7.1.2. Orden de 13 de marzo de 1981

En 1981, la Presidencia del Gobierno a propuesta del Ministerio del Interior, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, y Ministerio de Economía y Comercio, dispuso a través de la Orden de 13 de marzo de 1981, que sería la Dirección General de Tráfico la que confeccionaría la estadística de accidentes en carretera y demás vías públicas con la colaboración nuevamente de la Dirección General de la Guardia Civil y de las distintas Autoridades municipales, en un único cuestionario y plantilla tanto para sólo daños materiales como para accidentes en los que hubieran resultado víctimas. Ya nada se decía de la Dirección General de la Banca, Bolsa e Inversiones.

7.1.3. Orden de 18 de febrero de 1993

La Orden del Ministerio de Relaciones con la Cortes y de la Secretaría del Gobierno, que actualmente se encuentra vigente, deroga la Orden de 1981, en cuanto se oponga a lo dispuesto en la primera.

La Orden establece que la Dirección General de Tráfico confeccionará la estadística de accidentes de circulación, con la colaboración de la Dirección General de la Guardia Civil y de las Policías autónoma y municipal en el ámbito de sus respectivas competencias, en un cuestionario para accidentes con sólo daños materiales y otro ara accidentes con víctimas.

En ella se adoptó la definición estadística de herido grave ya establecida en muchos países, como *“toda persona herida en un accidente de circulación y cuyo estado precisa una hospitalización superior a veinticuatro horas”*.

7.2. APLICACIÓN INFORMÁTICA “ARENA”

Desde junio de 2005, la grabación de los partes estadísticos de accidentes, tanto con el resultado de víctimas como simples daños materiales, se realiza a través de una nueva aplicación informática diseñada para la Dirección General de Tráfico por el Laboratorio Integrado de Sistemas Inteligentes y Tecnologías de la Información en Tráfico (LISITT) dependiente del Instituto de Robótica de la Universidad de Valencia, que almacena los datos de los accidentes en una única base de datos centralizada.

La cumplimentación de los cuestionarios a través de la aplicación ARENA (Accidentes de tráfico: REcogida de iNformación y Análisis), se realiza directamente por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, por aquellos Cuerpos Policiales integrados en el sistema y por las respectivas Jefaturas Provinciales de Tráfico, que procesan los cuestionarios en papel que continúan cumplimentando aquellas Policías que no tienen acceso directo al aplicativo.

7.2.1. Acceso a la aplicación

Por medio del navegador se accede al sistema, alojado en la página Web de la Dirección General de Tráfico, y en el que su acceso está limitado a usuarios con clave y contraseña.

Los datos estadísticos de cada accidente serán introducidos mediante unas plantillas definidas por la propia aplicación; estas plantillas constituyen los diversos formularios de los que dispone ARENA, que podrán ser utilizados además, para modificar los datos introducidos, para visualizarlos, o para cerrar definitivamente la introducción de datos.

7.2.2. Operaciones básicas

1.- ALTA: Utilizada para introducir los datos estadísticos de un nuevo accidente.

2.- CONSULTA: Empleada para visualizar la información previamente registrada de un accidente concreto, conociendo su código o mediante una búsqueda por criterios.

3.- MODIFICACION: Permite ampliar la información introducida previamente o efectuar las correcciones oportunas.

4.- BAJA: Operación que permite dar de baja un accidente.

5.- CIERRE: Permite archivar y enviar los datos del AT una vez concluida la inserción de datos. Este proceso es de suma importancia, porque sin él, la información grabada no llega a su destino y no contabilizaría en el resumen de accidentes de una Unidad.

7.2.2.1. Alta de un accidente

En el “FORMULARIO DE ALTA” de un accidente, debemos seleccionar el tipo de formulario que necesitemos, dependiendo del tipo de accidente que se trate. Esta selección no asigna una categoría al accidente, sino que indica el modo en que el usuario utiliza el formulario para dar de alta el siniestro, apareciendo cinco tipos de formularios.

Selección del tipo de formulario para el alta de un accidente

En realidad cada tipo de formulario muestra los datos del accidente de formas distintas y sólo aquellos valores que sean interesantes en cada momento, basados en criterios establecidos por la Dirección General de Tráfico.

Una plantilla completa incluirá todas las variables o datos requeridos por el sistema, y a partir de esta plantilla el usuario podrá establecer la vista o formulario determinado que permita introducir o visualizar la información del accidente.

Cuando el proceso de alta se ha completado, el sistema informará al usuario que al accidente ha sido almacenado en la base de datos, indicando entonces el código que la aplicación le ha asignado automáticamente.

7.2.2.2. Consulta de un accidente

Podemos visualizar la información existente en la base de datos, a través del FORMULARIO DE CONSULTA”.

Al accidente puede accederse mediante criterios de búsqueda (matrícula, DNI, fecha, carretera, resultado, etc.) o mediante el código del accidente.

7.2.2.3. Modificación de un accidente

Cuando se haya procedido a dar un alta mediante un formulario urgente o básico (en los que figuran solamente los datos más elementales) o no se pudo cerrar uno de los otros formularios en una única sesión, el usuario deberá completar el formulario con el resto de datos necesarios, mediante el “FORMULARIO DE MODIFICACIÓN”.

Para recuperar un accidente no finalizado ni cerrado a fin de modificarlo, puede seleccionarse el accidente de forma similar a la utilizada para la consulta del cuestionario.

Una vez introducidos todos los datos requeridos, se modifica y actualiza el formulario en el sistema al pulsar con el cursor en el botón “Modificar” que a tal efecto existe.

7.2.2.4. *Baja de un accidente*

El procedimiento para localizar el accidente que pretenda darse de baja es similar al empleado para los formularios de consulta o modificación. Los datos del accidente se cargarán en modo de visualización, pulsándose a continuación el botón “Borrar” situado al final del formulario de baja, eliminándose el accidente y toda la información relacionada con él.

7.2.2.5. *Cierre de un accidente*

El cierre de un accidente es el último paso para que la información de un accidente se incluya de forma definitiva en la base de datos del sistema; este proceso de cierre es siempre obligatorio y una vez cerrado, el accidente quedará bloqueado para cualquier modificación que quiera realizarse sobre él, y sólo podrá ser consultado para lectura.

Sólo los administradores del sistema, pueden desbloquear el accidente para permitir modificaciones del mismo.

El cierre se realiza cuando no existan más datos que introducir en los formularios, pudiéndose efectuar desde el “FORMULARIO DE CIERRE” o desde el “FORMULARIO DE MODIFICACIÓN”

El propio sistema ejecuta un conjunto de procesos de comprobación antes de hacer efectivo el cierre, procediéndose a analizar si el usuario completó correctamente todos los datos requeridos por el sistema.

7.2.3. **Formularios**

Son cinco plantillas Web utilizadas por el sistema para la introducción de la información de un accidente siguiendo unos campos o variables establecidos en la aplicación.

7.2.3.1. *Formulario urgente*

Se utiliza para dar de alta accidentes de reciente ocurrencia y que por su resultado sean de especial interés para la DGT y Jefaturas de Tráfico, como los accidentes con víctimas mortales, de materias peligrosas, con personalidades implicadas, de transporte escolar, autobuses y accidentes en sentido contrario en vías desdobladas, y requiere la entrada de unos pocos datos identificativos del siniestro.

Cuando se da de alta un accidente mediante este formulario, se comunica automáticamente la ocurrencia del mismo mediante correo electrónico, al C.I.T. (Centro de Información de Tráfico) de la DGT y al Centro de Gestión de la Jefatura Provincial de Tráfico implicada, teniendo noticia del accidente pocos minutos después de que éste se haya producido.

7.2.3.2. *Formulario básico*

Este formulario puede servir igualmente para dar de alta un accidente, si se dispone de información adicional suficiente como para cumplimentar los datos que nos solicita.

También se utiliza para ampliar la información que previamente haya sido introducida mediante el formulario urgente o para dar de alta cualquier otro tipo de accidente de los no reflejados en el apartado anterior.

En este formulario, además de los datos identificativos el sistema solicita los posibles factores concurrentes en el accidente, las características e identificaciones de los vehículos y personas implicadas.

7.2.3.3. *Formulario estadístico*

Este formulario se utiliza si a consecuencia del accidente se han producido víctimas, y ninguno de los vehículos transportaba materias peligrosas y contiene la información detallada del AT con objeto de permitir su análisis estadístico.

Normalmente se emplea para ampliar la información que previamente se haya podido introducir en un formulario urgente o en uno básico, y también para dar de alta un accidente en el que al menos haya resultado una persona herida y no se encuentre dentro de los supuestos en los que deba utilizarse el formulario urgente.

Si se considera oportuna su remisión al C.I.T, deberá marcarse la casilla “comunicar como NOVEDAD URGENTE”.

7.2.3.4. *Formulario de mercancías peligrosas*

Este formulario es el mayor de todos, conteniendo un elevado número de datos para cumplimentar. Normalmente el alta del accidente de mercancías peligrosas se habrá realizado mediante un formulario urgente.

Aun en el caso de que sólo se hubieran producido daños materiales, se utilizará este formulario si uno de los vehículos implicados transporta mercancías peligrosas.

7.2.3.5. *Formulario de daños materiales*

Únicamente se utilizará en el caso de que sólo hayan resultado daños materiales.

Contiene un conjunto de datos elementales, no reflejándose en él ni las características de las personas, ni las de los vehículos implicados, debiéndose describir la forma de ocurrencia del accidente en el apartado comentarios.

7.2.3.6. *Organización de la información*

Salvo en el formulario urgente y en el de daños materiales, la información referida al accidente se ha organizado en ocho secciones:

- 1.- Datos generales del usuario del sistema.
- 2.- Datos generales del accidente: descripción del siniestro.
- 3.- Datos de los vehículos implicados.
- 4.- Datos de los conductores.
- 5.- Datos de los pasajeros.
- 6.- Datos de peatones.
- 7.- Comentarios y descripciones.
- 8.- Croquis: El sistema permite agregar hasta cinco imágenes digitales.

CAPÍTULO IX: FUNDAMENTOS DE FÍSICA Y DINÁMICA

1. INTRODUCCIÓN

La *física clásica* normalmente se refiere a la *mecánica*, la luz, el calor, el sonido, la electricidad y el magnetismo. Las leyes de la *física* son generalizaciones procedentes de las observaciones de los resultados experimentales. Las leyes físicas se expresan normalmente como ecuaciones matemáticas que posteriormente se utilizan para realizar predicciones respecto a otros fenómenos y para verificar el margen de validez de las mismas. Así pues para comprender la física a cualquier nivel superior a una simple descripción cualitativa se necesita una cantidad considerable de matemáticas.

Es normalmente más sencillo aprender la física y las matemáticas necesarias casi al mismo tiempo. Con la resolución de problemas prácticos se estará en condiciones de aprender la física y matemáticas necesarias para los cálculos elementales utilizados en la investigación de accidentes.

La *dinámica*, como parte de la mecánica, es aquella rama de la *física* que estudia el movimiento y las fuerzas que en el mismo intervienen. Es obvio que en todo accidente interviene un movimiento o conjunto de movimientos, y de ellos resultan una serie de fuerzas que actúan de muy diversas maneras. Para poder profundizar en el conocimiento de los accidentes y valorar debidamente los elementos que intervienen en ellos (que muchas veces son más complejos de lo que se puede creer) debemos tener un idea lo más amplia posible de las diversas fuerzas que se ejercen sobre el movimiento de los automóviles, o que se derivan de las situaciones anormales ocasionadas por los siniestros de tráfico.

2. UNIDADES FUNDAMENTALES Y MAGNITUDES DERIVADAS

¿Qué es una *magnitud* en física? Frecuentemente se oyen afirmaciones como “este coche va muy rápido”, frase que no permite establecer comparaciones, ya que el término “muy” (totalmente subjetivo), depende de la valoración que haga la persona sobre dicho fenómeno.

¿Cómo podríamos determinar si un coche va más rápido que otro? Para responder esta cuestión necesitamos conocer lo que es la rapidez. Esta definición deberá ser operativa, de modo que se pueda medir y comparar. Llamamos *magnitud física* a toda propiedad de un cuerpo que sea medible.

Si intentamos definir la rapidez de un cuerpo, llegaremos a la conclusión de que se trata de una relación entre el espacio que recorre y el tiempo que emplea en hacerlo, es decir que para esta definición hemos recurrido a otras magnitudes físicas, el espacio y el tiempo. A las magnitudes que se definen a partir de otras se les denomina *magnitudes derivadas*, así pues la velocidad es una magnitud derivada. Las magnitudes que se definen sin ese recurso se llaman *magnitudes fundamentales*, siendo estas la *longitud*, la *masa* y el *tiempo*.

¿Qué es medir una magnitud física? Medir es comparar una cantidad de una magnitud con otra cantidad de la misma magnitud, que se toma como patrón y que se denomina *unidad*.

Las unidades deben cumplir ciertas condiciones, como ser constantes, universales y fáciles de reproducir.

Una vez definidas las magnitudes, le debemos asignar a cada una su unidad de medida. Para ello, se ideó el *Sistema Internacional de Unidades* (SI), también conocido como *mks* (porque sus tres primeras unidades fundamentales son: el metro, el kilogramo y el segundo).

Es el actualmente más utilizado y constituye el idioma técnico-científico universal.

A continuación se reseñan algunas de las magnitudes que con más frecuencia se utilizan en la reconstrucción de accidentes.

Magnitud	Unidad	Símbolo
Longitud	Metro	m
Masa	Kilogramo	kg
Tiempo	Segundo	s

Magnitudes fundamentales en reconstrucción

Magnitud	Unidad	Símbolo
Momento de una fuerza	Newton por metro	N·m
Velocidad	Metro/segundo	m/s
Aceleración	Metro/s ²	m/s²
Fuerza	Newton	N
Trabajo	Julio=Newton por metro	J
Potencia	Watio=Julio/s	W

Magnitudes derivadas en reconstrucción

Se ha de tener especial cuidado, de utilizar las magnitudes adecuadas, pues si empleamos distintas unidades en las partes de una ecuación, el resultado carecería de sentido.

3. CINEMÁTICA

Es la parte de la *física* que se ocupa de la descripción de los diferentes *movimientos* que puede realizar un cuerpo, sin tener en cuenta sus causas.

3.1. ¿QUÉ ES EL MOVIMIENTO?

Para saber si un cuerpo está en reposo o en movimiento basta con fijar su posición respecto a un punto y observar si varía en el transcurso del tiempo. Si lo hace, decimos que el cuerpo se mueve respecto a ese punto.

El movimiento es relativo, pues hay que tener en cuenta que un cuerpo puede estar en movimiento respecto a un punto y en reposo respecto a otro (en un vehículo, la persona va en reposo con respecto a éste y ambos en movimiento con respecto a la tierra).

Esta aparente dicotomía nos indica que no podemos describir el movimiento sin fijar previamente un punto de referencia. Pero no basta con fijar un punto de referencia. Necesitamos medir los cambios de posición del cuerpo que se mueve. Para ello utilizaremos el sistema cartesiano de coordenadas.

Llamaremos *trayectoria* a la línea imaginaria que describe un cuerpo al moverse respecto al sistema de referencia.

3.2. ¿CÓMO SE MIDEN LOS CAMBIOS DE POSICIÓN DE UN CUERPO?

Para determinar los cambios que puedan producirse en la posición de un cuerpo sobre la trayectoria, definimos dos nuevos conceptos, *desplazamiento* y *distancia recorrida*.

Desplazamiento, es la distancia en línea recta que separa dos posiciones.

La *distancia recorrida* en un intervalo de tiempo cualquiera, se obtiene restando las posiciones que ocupaba el cuerpo en los instantes final e inicial ($s_2 - s_1$ en un tiempo $t_2 - t_1$).

El *desplazamiento* y la *distancia recorrida* sólo coinciden cuando la trayectoria es rectilínea.

Para especificar el cambio de posición de un cuerpo se debe indicar la distancia recorrida, y también la *dirección* y el *sentido* en que se produce el desplazamiento.

3.3. NOCIONES DE CÁLCULO VECTORIAL

3.3.1. Magnitud escalar

Una magnitud física es *escalar* cuando queda determinada por el número que expresa su medida, es decir, únicamente tiene magnitud, como la temperatura.

3.3.2. Magnitud vectorial o cinemática

Una magnitud es *vectorial* cuando en su determinación necesitamos, además de su medida, una dirección y sentido, es decir necesitamos, para representarla, un *vector*, que es *un segmento orientado*. Las magnitudes vectoriales se indican con una flecha encima del símbolo utilizado y su módulo se expresa con las barras de valor absoluto $|a|$.

Teniendo en cuenta el punto de aplicación, los vectores son:

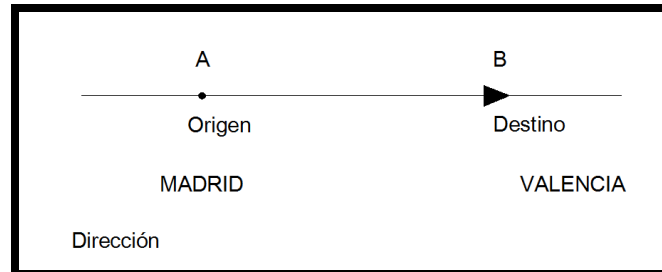
Fijos: su punto de aplicación es un punto perfectamente determinado.

Deslizantes: su punto de aplicación es un punto cualquiera de la recta que determina la dirección del vector.

Libres: su punto de aplicación es un punto cualquiera del espacio.

3.3.2.1. Representación gráfica de un vector

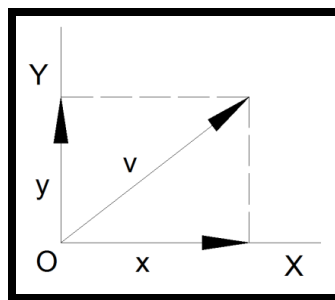
Gráficamente se representa por un segmento rectilíneo con una punta de flecha en uno de sus extremos. En un **vector** conviene distinguir los siguientes elementos: el origen o **punto de aplicación (A)**; el extremo (**B**); la **dirección**, que coincide con la recta sobre la que se encuentra; el **sentido**, señalado por la flecha, y el **módulo o longitud del segmento (AB)**.



Representación gráfica de un vector

3.3.2.2. Componentes de un vector

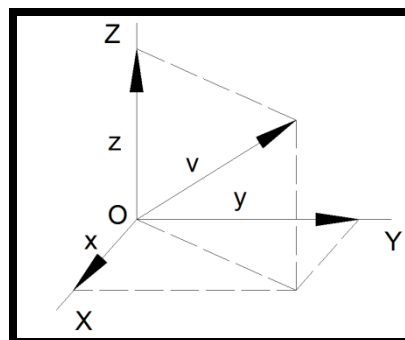
Supuestos dos ejes de coordenadas **X** e **Y**, y un vector **v**, a las proyecciones de **v** sobre los citados ejes, que determinan los vectores **x** e **y**, se les llama componentes del vector. Esto lo indicamos con $\mathbf{v} = \mathbf{x} + \mathbf{y}$



Componentes de un vector en un plano

No se afirma en esta igualdad que el módulo **v** sea la suma de sus componentes, sino que el efecto físico que produce **v** es el mismo que el efecto **x** e **y** actuando simultáneamente.

Supuestos tres ejes de coordenadas (3 dimensiones) **X**, **Y**, **Z** y un vector **v**, las proyecciones de éste sobre los citados ejes, que configuran los vectores **x**, **y**, **z**, son los componentes del vector. Esto lo indicamos con $\mathbf{v} = \mathbf{x} + \mathbf{y} + \mathbf{z}$.



Componentes de un vector en tres dimensiones

Los componentes tienen por valor:

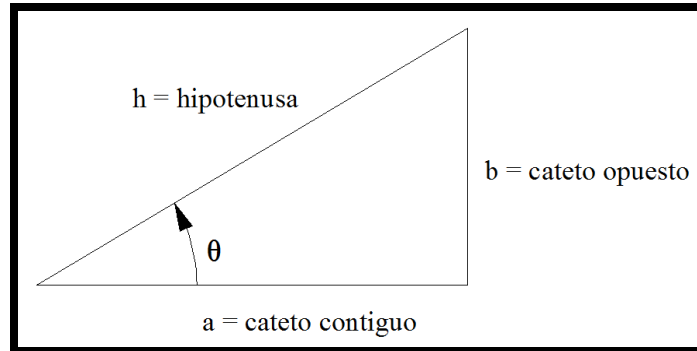
$$\begin{aligned} x &= v \cdot \cos \alpha \\ y &= v \cdot \cos \beta \end{aligned}$$

$$z = v \cdot \cos \gamma$$

Los ángulos α , β e γ son los que forman v con cada uno de los ejes. A sus cosenos se les llama *cosenos directores*.

3.3.3. Repaso de trigonometría

Las funciones trigonométricas se definen en relación con un triángulo rectángulo:



Representación de las funciones trigonométricas

Y se tiene por definición, que:

$$\text{sen } \theta = b / h$$

$$\text{cos } \theta = a / h$$

$$\text{tang } \theta = b / a$$

3.3.4. Operaciones básicas con vectores. Suma de vectores

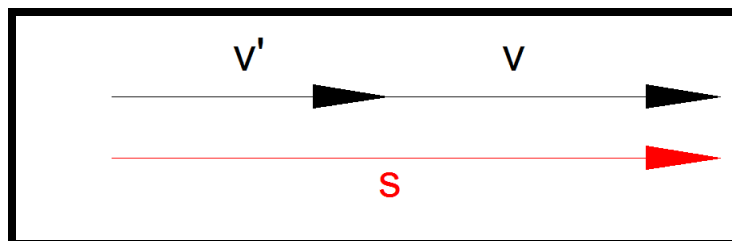
La suma de dos vectores libres es hallar un vector que produzca los mismos efectos que los sumados, si éstos actuasen simultáneamente.

La proyección del vector suma sobre cualquier recta ha de ser igual a la suma de las proyecciones de los sumandos.

La suma vectorial o geométrica es, en realidad, una suma algebraica de las componentes, realizadas en cada uno de los tres ejes.

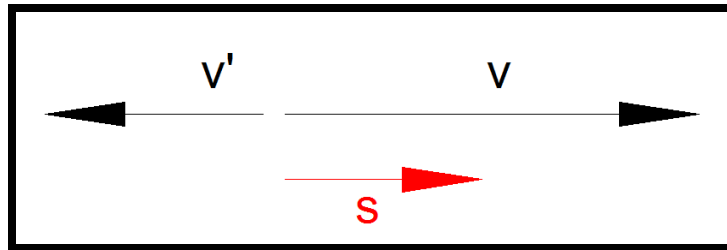
3.3.4.1. Distintos casos en la suma de vectores

a) Si dos vectores (v' y v) tienen la misma dirección y sentido, el vector resultante (s) es de la misma dirección y sentido que los sumandos, siendo su módulo la suma de los módulos. Se construye geométricamente colocando los sumandos uno a continuación del otro.



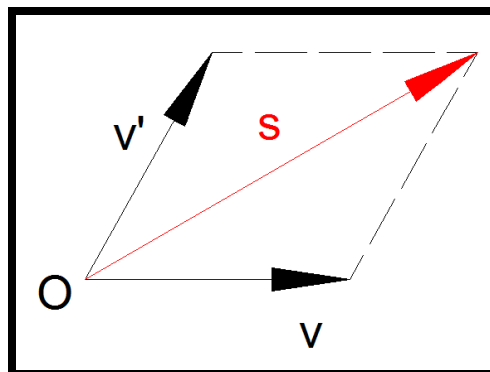
Suma de vectores con mismo sentido

b) Si dos vectores (v' y v) son de la misma dirección y sentido contrario, el vector resultante (s) es de la misma dirección que los sumandos, el sentido del mayor y como módulo la diferencia de los módulos, que se halla llevando el vector menor sobre el mayor.



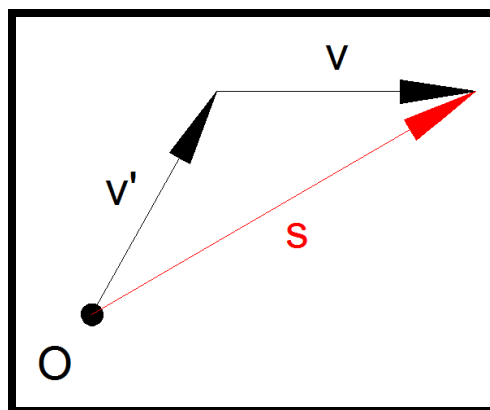
Suma de vectores con sentido contrario

c) Si los vectores (v' y v) no tienen la misma dirección, el vector (s) suma es la diagonal del paralelogramo trazado con los vectores como lados.



Suma de vectores con distinta dirección

También se puede realizar la suma dibujando uno de los vectores v' y desde su extremo otro equivalente a v . El vector que une el origen del primero con el extremo del segundo es el vector suma (s). El mismo resultado se hubiese obtenido trazando, a partir de O , el vector v y desde su extremo el v' .



Suma de vectores concurrentes

En todos los casos escribiremos $s = v + v'$

No se afirma en esta igualdad que el módulo de s sea la suma algebraica de los módulos de v y v' sino que el efecto físico que produce s es el mismo que el de v y v' actuando simultáneamente.

El módulo de s , si son dos los vectores que se suman es siempre

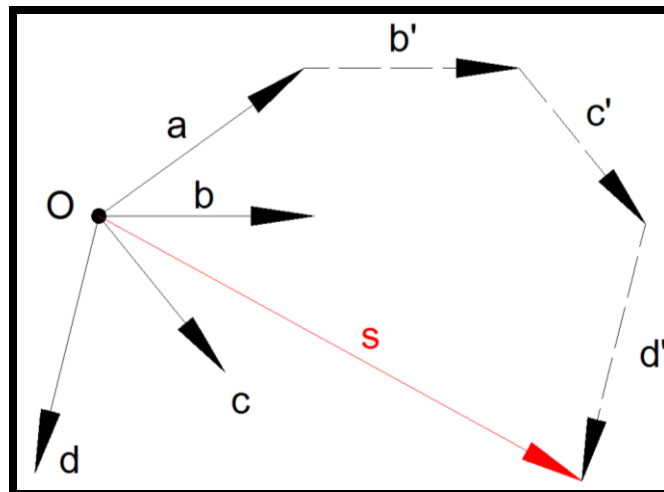
siendo φ el ángulo formado por los dos vectores.

En el caso de que los vectores tengan la misma dirección y sentido, el ángulo φ es cero y su coseno la unidad; por tanto,

y el módulo de s es la diferencia de los módulos.

Es sencillo ver que la proyección de la suma sobre cualquier recta, es igual a la suma de las proyecciones de los sumandos; en el caso de vectores concurrentes por verificarse que “la proyección de la diagonal de un paralelogramo sobre cualquier recta es igual a la suma de las proyecciones de los lados concurrentes”.

d) Método del polígono. En el caso de varios vectores concurrentes: a, b, c, d , se traza el “polígono de vectores”; es decir, por el extremo de uno de ellos a se traza un equipolente b' (vector igual y paralelo al segundo b); desde el extremo del trazado b' se dibuja otro c' equipolente del tercero c y así sucesivamente hasta agotar todos los vectores; se une el origen común con el último extremo y obtendremos el vector suma s .

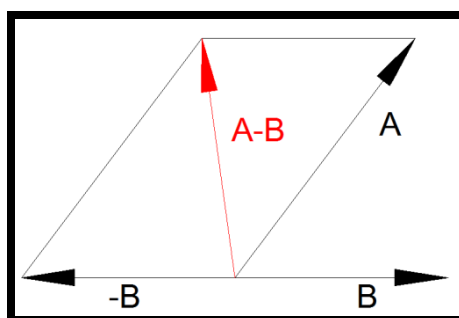


Suma de varios vectores concurrentes.

La proyección de s sobre cualquier recta es igual a la suma de las proyecciones de los sumandos, ya que s es un segmento rectilíneo con los mismos extremos que la línea quebrada que tiene por lados $a, b', c' y d'$.

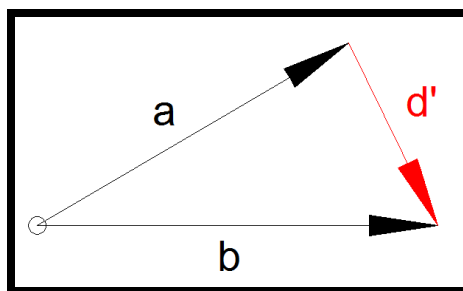
3.3.5. Diferencia de vectores

Una operación directamente relacionada con la suma es la *sustracción de vectores*. Para restar un vector B de un vector A , se invierte el sentido de B y se suma vectorialmente al vector A , es decir, $A - B = A + (-B)$.



Sustracción de vectores

Si los vectores $\mathbf{a}$ y $\mathbf{b}$ son concurrentes, unimos sus extremos, obteniendo así el vector diferencia; su sentido será del menor al mayor (sustrayendo al minuendo).

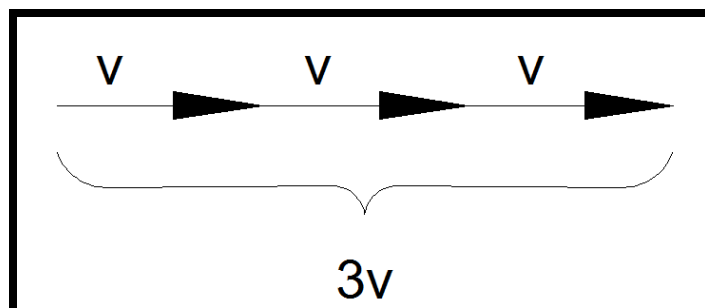


Diferencia de vectores

$$\mathbf{b} - \mathbf{a} = \mathbf{d}', \text{ puesto que } \mathbf{a} + \mathbf{d}' = \mathbf{b}$$

3.3.6. Producto de un vector por un escalar

El producto de un vector por un escalar es, como consecuencia del primer caso citado en la suma, otro vector de la misma dirección y sentido, cuyo módulo es el producto del módulo del vector por el número multiplicador.



Producto del vector $\mathbf{v}$ por 3

3.3.7. Vector unitario

El vector unitario de un vector dado, es otro vector cuyo módulo es la unidad, y su dirección y sentido son los del vector del que es unitario. Todo vector puede expresarse como producto del módulo por su vector unitario.

3.4. DESPLAZAMIENTO, VELOCIDAD Y ACELERACIÓN

3.4.1. Movimiento en una dimensión

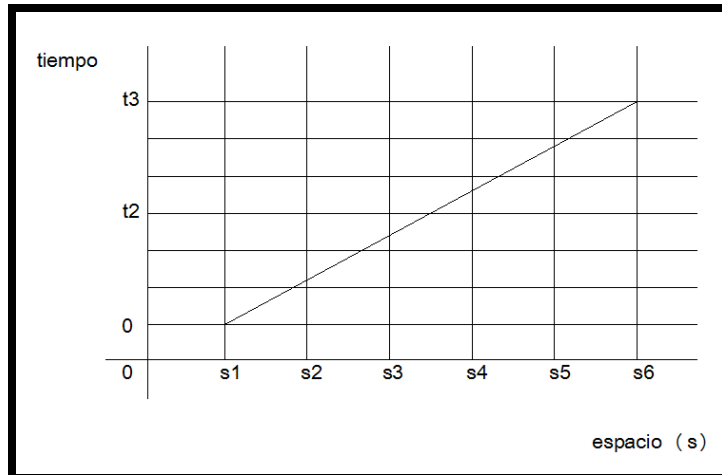
Para simplificar nuestro estudio del movimiento, empezaremos con objetos cuya posición puede describirse localizando un solo punto. Un objeto de este tipo se denomina *partícula*. Tendemos a pensar que una partícula es un objeto muy pequeño, pero realmente la palabra *partícula* no implica límite de tamaño. Si no nos interesan las dimensiones de un objeto ni su movimiento de rotación, todo objeto puede considerarse como una partícula.

Para describir el movimiento de una partícula, necesitamos los conceptos de *desplazamiento*, *velocidad* y *aceleración*. En el movimiento general de una partícula en tres dimensiones, estas magnitudes son vectores, dotados de sentido y módulo.

3.4.2. Desplazamiento

Construyamos un sistema de coordenadas escogiendo sobre la recta (" $\mathbf{x}$ ") algún punto de referencia $\mathbf{O}$ como origen. A cualquier otro punto de la recta le asignaremos un número $\mathbf{s}$ que indique su distancia al origen. El valor de $\mathbf{s}$ depende de su posición respecto a $\mathbf{O}$; si está

hacia la derecha es positivo; a la izquierda, negativo. Dividamos el eje “y”, en una escala que refiera el tiempo t . Supongamos que nuestra partícula se encuentra en una posición s_1 en un instante t_1 y en s_6 en el instante t_3 . La variación de la posición de la partícula, $s_6 - s_1$, se denomina *desplazamiento*. El desplazamiento tiene tanto sentido como magnitud (es un *vector desplazamiento*).



Desplazamiento de una partícula en el tiempo y el espacio

3.4.3. Velocidad

3.4.3.1. Velocidad media

La velocidad es el espacio s recorrido por unidad de tiempo t . Definimos la velocidad media de una partícula como el cociente entre la distancia total recorrida y el tiempo invertido en dicho desplazamiento.

$$\text{Velocidad media} = \frac{\text{Distancia total}}{\text{Tiempo total}}$$

Para indicar la variación o incremento de una magnitud, se suele utilizar la letra griega Δ (delta mayúscula), así pues la variación o incremento de s se escribe Δs (léase “delta de s ”).

Se define la *velocidad vectorial media* de la partícula v_m , como el cociente entre el desplazamiento $s_2 - s_1$ y el intervalo de tiempo $t_2 - t_1$.

$$\text{Velocidad media } (\overrightarrow{v_m}) = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$

Las unidades de velocidad son unidades de distancia divididas entre unidades de tiempo. Las más comunes son el **m/s** y el **km/h** (ambas del sistema **mks**).

3.4.3.2. Velocidad instantánea

Se denomina *velocidad instantánea* a la que posee un cuerpo en un instante determinado. Para determinarla, necesitamos conocer la posición en cada instante. Conocida ésta, el proceso es similar al que hemos expuesto para el cálculo de la velocidad media.

Para determinar la velocidad en un instante, iremos calculando la velocidad media que corresponde a intervalos de tiempo cada vez menores, procurando que estos intervalos incluyan el instante que se considera. En este proceso, la velocidad que se obtiene se aproxima a un valor que coincide con la velocidad instantánea. A este proceso en matemáticas se le denomina “*paso al límite*”.

La *velocidad instantánea* es el límite del cociente $\Delta s / \Delta t$, cuando Δt tiende a cero ($\Delta t \rightarrow 0$).

3.4.4. Aceleración

En física, *acelerar* significa variar la velocidad, bien sea aumentándola o disminuyéndola. Cuanto más rápido sea el cambio, mayor será la aceleración; esto es, para una misma variación de velocidad, la aceleración será mayor si se realiza en un tiempo menor. Luego la *aceleración* es la variación de velocidad por unidad de tiempo.

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, siendo v_f la velocidad final, v_i la inicial y Δt el tiempo transcurrido.

Al igual que la velocidad, la *aceleración* es una magnitud vectorial. Por tanto, es necesario indicar además del valor numérico, la dirección y sentido en que se produce. Se define la *aceleración vectorial media* a_m de la partícula, como el cociente entre la variación de velocidad Δv y la del tiempo Δt .

La *aceleración instantánea* es el límite de este cociente cuando Δt tiende a cero ($\Delta t \rightarrow 0$).

3.4.4.1. Cálculo de la velocidad en función de la aceleración

Conocida la *aceleración tangencial media* (a_m), la velocidad inicial (v_i) y el tiempo transcurrido (t) desde que el móvil tenía tal velocidad, calcularemos la velocidad final (v_f).

$v_f = v_i + a_m t$ El vector velocidad tiene dos componentes, la *aceleración tangencial* (responsable de los cambios en el valor numérico de la velocidad) y la *aceleración normal* (responsable de los cambios de dirección).

3.4.4.2. Aceleración tangencial. Aceleración normal o centrípeta

Hemos afirmado que cualquier variación en la velocidad supone una aceleración, pero al ser la velocidad una magnitud vectorial, esa variación puede ser un cambio en su valor numérico, o simplemente un cambio de dirección.

Llamamos *aceleración tangencial* a la responsable de los cambios en el valor numérico de la velocidad. Llamamos *aceleración normal o centrípeta* a la responsable de los cambios de dirección.

De acuerdo con lo anterior, todo movimiento que no suponga un cambio de dirección posee únicamente aceleración tangencial. Los movimientos curvilíneos presentan en general los dos tipos de aceleraciones.

La unidad de *aceleración* en el sistema internacional es el m/s^2 .

3.4.5. El movimiento rectilíneo uniforme (MRU)

Un movimiento es rectilíneo si la trayectoria es una línea recta y es uniforme si la velocidad es constante.

Teniendo en cuenta la definición de velocidad, el movimiento de una partícula (objeto) es *rectilíneo y uniforme* cuando la velocidad con que se mueve es constante.

Relación espacio y tiempo. Teniendo en cuenta que para este movimiento, $v = cte$ y recordando la definición de velocidad, podemos escribir que

$$v = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$

y por tanto $s_2 - s_1 = v \cdot (t_2 - t_1)$, ecuación que nos proporciona la distancia recorrida entre los instantes t_1 – t_2 . La posición en un instante t , conocida la velocidad y la posición inicial s_1 , viene dada por la fórmula

Es decir, en el caso de que el origen de los espacios no coincida con el de los tiempos, o lo que es lo mismo, que al comenzar a contar el tiempo t , el móvil tenga un desplazamiento inicial s_1 a partir del origen, la ecuación nos determina la distancia desde el punto s_2 al punto de origen (*desplazamiento vectorial* (s) tomado en la recta de la dirección del movimiento).

Si en el instante inicial el móvil se encontraba en el origen, la expresión se reduce a:

coincidiendo ahora posición y distancia recorrida. Al no haber variación de dirección, ni de velocidad, no existe aceleración normal ni tangencial.

La velocidad uniforme de la luz en el vacío es de 300.000 km/seg. La velocidad de propagación del sonido en el aire es de 330 m/s a 1° centígrado de temperatura y unos 340 m/s a 201° C.

3.4.6. Movimiento rectilíneo y uniformemente acelerado (MRUA)

En este movimiento la velocidad no es constante, sino que varía regularmente. Es un movimiento cuya trayectoria es una recta y su aceleración es constante; sus ecuaciones son:

$v_f = v_i$ + De donde, si $v_i = 0 \Rightarrow$ (partimos del reposo)

$$v_f = a \cdot t \text{ y } a = v_f / t \quad (\text{formula 1})$$

De la ecuación del movimiento rectilíneo y uniformemente acelerado

$$s = s_i + v_i \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

Si, $s_0 = 0$, y $v_0 = 0$, (partimos del reposo) entonces

$$s = \frac{1}{2} a \cdot t^2 \quad (\text{formula 2})$$

Es decir, este será el caso del movimiento rectilíneo y uniformemente acelerado, partiendo del reposo.

Si sustituimos la fórmula 1 en la 2, se obtiene

$$s = \frac{1}{2} v \cdot t \quad (\text{formula 3})$$

Despejando t de la fórmula 1 y sustituyendo en la 2, obtenemos

$$s = \frac{1}{2} \cdot v^2 / a \text{ y } \quad (\text{formula 4})$$

Las formulas 1, 2, 3 y 4 nos resuelven todos los problemas de movimiento uniformemente acelerado **partiendo del reposo**.

También son aplicables al caso de movimientos decelerados **llegando al reposo**, considerando la aceleración como negativa y no considerando espacio inicial.

3.4.7. Aceleración debida a la gravedad

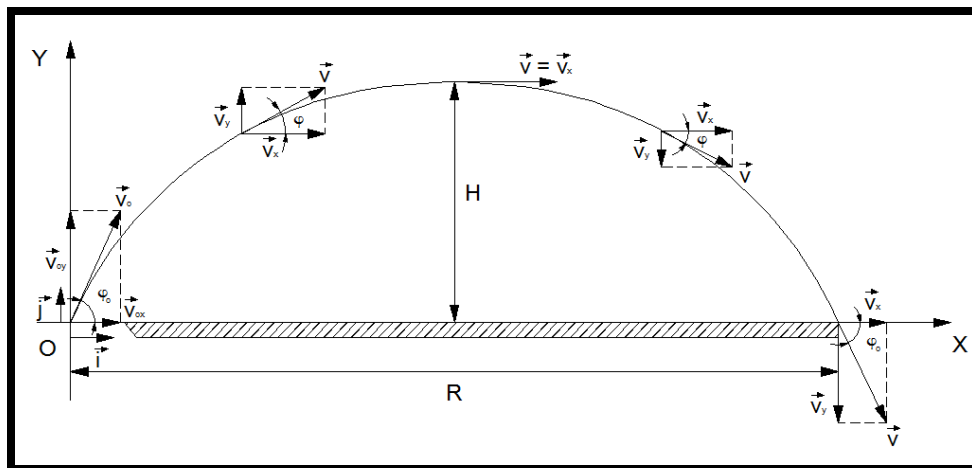
Es la aceleración que experimenta un cuerpo que se mueve sólo por la atracción gravitacional, la cual tiene la dirección vertical y el sentido hacia abajo (centro de la Tierra). Sobre la superficie de la Tierra tiene un valor:

$$g = 9'81 \text{ m/s}^2$$

Las ecuaciones 1, 2, 3 y 4 anteriormente citadas, son aplicables a la caída de los graves en el espacio; representaremos por h la altura de caída (espacio) y por g la aceleración de la gravedad (aceleración):

$v = g \cdot t$	$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$
$h = \frac{1}{2} \cdot v \cdot t$	$v = \sqrt{2 \cdot a \cdot s}$

3.4.8. Movimiento parabólico



Trayectoria parabólica de un proyectil

Se puede resolver fácilmente si se desprecia el rozamiento del aire. Se descompone en movimiento horizontal con velocidad constante y movimiento vertical uniformemente acelerado hacia abajo con $a = g$.

En todo lanzamiento de proyectiles tomamos como sistema de referencia (O, i, j) cuyo origen O coincide con el punto de lanzamiento

El movimiento parabólico se ampliará y utilizará básicamente para el próximo estudio de atropellos a peatones y ciclistas.

3.4.8.1. Lanzamiento oblicuo

La velocidad inicial v_0 forma un ángulo ϕ_0 con un eje del referencial.

Una vez lanzado el proyectil, la única fuerza que actúa sobre él es la de la gravedad (prescindimos del roce con el aire). Por tanto, tendrá una *aceleración* $a = g$, de componentes $a_x = 0$; $a_y = -g$.

Por lo cual, el desplazamiento en el eje O , horizontal, es uniforme, y en el eje Oj , uniformemente acelerado.

Velocidad en este movimiento

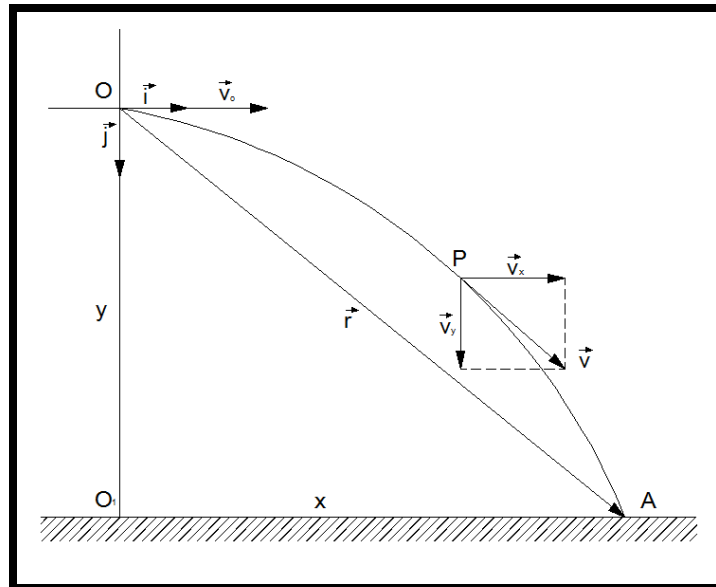
Si se lanza el proyectil con velocidad v_0 y el ángulo de lanzamiento con el eje X es φ_0 , la velocidad se expresa

$$v_0 = v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j} = v_0 \cos \varphi_0 \mathbf{i} + v_0 \sin \varphi_0 \mathbf{j}$$

3.4.8.2. Lanzamiento horizontal

En este caso, $\varphi_0 = 0$; la aceleración es $\mathbf{a} = \mathbf{g}$, por lo dicho al principio, y sus componentes son $\mathbf{a}_x = 0$, $\mathbf{a}_y = +\mathbf{g}$, por tomar el referencial en el punto de lanzamiento.

La velocidad $\mathbf{v} = v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j}$, cuyas componentes son $v_x = v_0 \cos 0^\circ = v_0$, $v_y = gt$; valor de _____, en un punto cualquiera de la trayectoria P .



Lanzamiento horizontal

3.4.8.3. Punto de impacto en el suelo

De lo anterior se deduce que $y = \frac{1}{2} gt^2$, pues desciende con aceleración constante; $x = v_x \cdot t = v_0 \cdot t$, siendo t el tiempo empleado en llegar al suelo, _____, y por tanto _____ es la distancia del punto de impacto en el suelo a la vertical del punto de lanzamiento.

3.4.9. Desplazamiento angular (θ)

Se expresa generalmente en radianes, en grados o en revoluciones:

1 revolución = $2\pi \cdot \text{rad} = 360^\circ$

3.4.9.1. Movimiento circular. Velocidad angular (ω)

Cuando una partícula se mueve con velocidad $\mathbf{v}$ en un círculo de radio r , posee una aceleración de magnitud v^2/r hacia el centro del círculo. Esta aceleración centrípeta viene relacionada con el cambio de dirección de la velocidad de la partícula. Por tratarse de una aceleración existirá una fuerza resultante en la misma dirección. Esta fuerza resultante recibe el nombre de *fuerza centrípeta*.

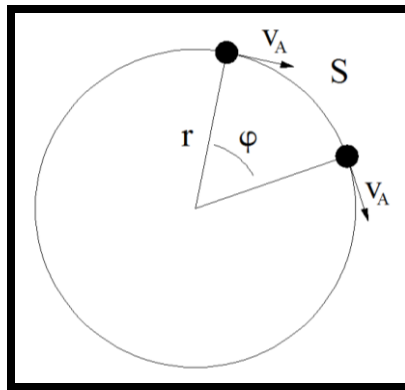
Es importante entender que la fuerza centrípeta no es una interacción básica o una nueva fuerza empírica que todavía no hayamos estudiado. Es simplemente el nombre de la fuerza resultante y dirigida hacia el centro de la circunferencia necesaria para producir una

aceleración centrípeta que a su vez es precisa para que exista un movimiento circular. La fuerza centrípeta puede ser producida, entre otros elementos, por una fuerza de contacto como una fuerza normal o de rozamiento.

Siempre resulta muy útil estudiar el movimiento de una partícula que describe un movimiento circular con velocidad constante en función del tiempo t necesario para que se lleve a cabo una revolución completa, tiempo que recibe el nombre de *período*. Si el radio de la circunferencia es r , durante un *período* la partícula recorre una distancia igual a $2\pi r$, por tanto su velocidad está relacionada con el radio y el período por —

Al inverso del *período* se le denomina *frecuencia* (f), que normalmente se expresa en revoluciones por segundo **rev/s**.

$$f = \frac{1}{t} = \frac{v}{2\pi r}$$



Sector circular. Velocidad angular

En la figura anterior se muestra un sector circular de arco s y radio r . El ángulo θ barrido por el radio vector es $\theta = s/r$. La variación del ángulo en función del tiempo recibe el nombre de **velocidad angular** ω

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = \frac{1}{r} \frac{ds}{dt}$$

Como la velocidad lineal v es ds/dt , las velocidades lineal y angular están relacionadas por .

Las dos ecuaciones anteriores sólo son ciertas si el ángulo θ se expresa en radianes. Las unidades de la velocidad angular son los **rad/s**.

3.4.9.2. Aceleración angular (α)

La aceleración angular de un objeto es la relación con la cual cambia su velocidad angular con respecto al tiempo.

$$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_i}{t}$$

Las ecuaciones para el movimiento angular uniformemente acelerado son análogas a las del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado: $\omega_f = \omega_i + \alpha \cdot t$ y $\theta = \omega_i \cdot t + \frac{1}{2} \alpha \cdot t^2$

Un punto de masa m que se mueve con una velocidad de módulo constante v , alrededor de un círculo de radio r , experimenta una *aceleración normal o centrípeta*.

Aunque el módulo de su velocidad no cambie, la dirección de su velocidad cambia continuamente. Estos cambios en la velocidad dan lugar a una aceleración a_c de la masa, dirigida desde el punto hacia el centro del círculo. A esta aceleración se le llama *aceleración normal o centrípeta*; su valor está expresado por:

$$a_c = v^2 / r$$

Puesto que: $v = \omega A r$, también se tiene $a_c = \omega^2 \cdot r$

De todo lo anterior se deduce que la *aceleración tangencial* se puede escribir como:

$$a_t = r \cdot \alpha$$

4. DINÁMICA

Es la parte de la física que estudia el movimiento de los cuerpos considerando las *causas que lo originan o modifican*, es decir, las *fuerzas*.

La mecánica clásica o newtoniana es una teoría del movimiento basada en las ideas de *masa y fuerza* y las *leyes* que relacionan estos conceptos físicos con las magnitudes cinemáticas -*posición, velocidad y aceleración*- ya estudiadas. Las relaciones fundamentales de la mecánica clásica están contenidas en las leyes de Newton del movimiento.

4.1. LEYES DE NEWTON

Primera ley. “Todo cuerpo continúa en su estado de reposo o de movimiento uniforme sobre una línea recta a no ser que se le obligue a variar dicho estado mediante fuerzas que actúen sobre él”

Segunda ley. “La variación del movimiento es proporcional a la fuerza motora a que se le somete y se realiza en el sentido de la recta en la que la fuerza actúa”.

Tercera ley. “A toda acción se opone siempre una reacción igual o sea, las acciones mutuas de dos cuerpos, uno sobre el otro, se dirigen siempre hacia las partes contrarias”.

Corolario. Un cuerpo sobre el que actúan dos fuerzas simultáneamente describirá la diagonal de un paralelogramo en el mismo tiempo que describiría los lados del mismo mediante la acción de dichas fuerzas por separado.

Una *versión más actualizada de las leyes de Newton del movimiento* es como sigue:

4.1.1. Primera ley o principio de inercia

“Un cuerpo permanece en su estado inicial de reposo o movimiento con velocidad uniforme a no ser que se ejerza una fuerza de desequilibrio externa”.

Se conoce como ley de la inercia porque, para variar el estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme, es preciso aplicar una fuerza neta; es decir, los cuerpos presentan una resistencia (inercia) a variar estos estados.

4.1.2. Segunda ley o principio de la dinámica

“La aceleración de un cuerpo es inversamente proporcional a su masa y directamente proporcional a la fuerza externa resultante que actúa sobre él”.

La expresión matemática de la segunda ley de newton es —, es decir, la resultante de las fuerzas $\mathbf{F}$ que actúan sobre una partícula es igual a la variación de su cantidad de movimiento respecto del tiempo. Sin embargo, la mayoría de las veces seguiremos utilizando la expresión:

$$\sum \mathbf{F} = \mathbf{F}_{\text{neto}} = m \cdot \mathbf{a}$$

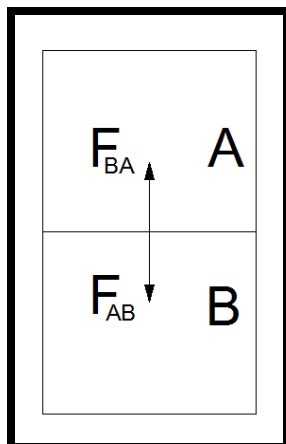
Comentarios:

a) Carácter vectorial. Al igual que cualquier vector, los vectores aceleración y fuerza resultante pueden expresarse en función de sus componentes cartesianas.

b). El peso de un cuerpo, en un punto cualquiera de un planeta, es la fuerza con que el planeta atrae al cuerpo en dicho lugar. Se desarrollará más adelante.

4.1.3. Tercera ley o ley de interacción

“Las fuerzas se presentan siempre en parejas. Si un cuerpo A ejerce una fuerza sobre un cuerpo B, el cuerpo B ejercerá una fuerza igual pero opuesta sobre el cuerpo A”.



Tercera ley de Newton

4.1.4. Corolario

Las fuerzas obedecen la ley de la suma del paralelogramo; es decir, las fuerzas son vectores.

Para comprender y aplicar las leyes de Newton, debemos definir *fuerza* y *masa*.

4.2. FUERZA Y MASA

Consideremos un objeto sobre una superficie horizontal lisa. Observaremos que si el cuerpo está en reposo, permanecerá en dicha situación a no ser que se le empuje o tire de él. Si proyectamos el cuerpo sobre la superficie, se deslizará durante un cierto espacio, pero la velocidad decrecerá poco a poco y finalmente el objeto quedará en reposo.

Atribuimos la disminución de velocidad a la *fuerza de rozamiento o de fricción* ejercida sobre el cuerpo por la superficie, debido a que ni esta ni el cuerpo son perfectamente lisos. Si pulimos la superficie y el cuerpo, éste se deslizará y llegará más lejos de modo que su disminución de velocidad en un tiempo determinado es menor. Así pues, si no existiese ninguna fuerza actuando sobre el cuerpo, la velocidad de éste debería permanecer constante. Ésta es la *primera ley de Newton, la ley de la inercia*.

Si la velocidad de un cuerpo no es constante, deducimos que debe actuar sobre el cuerpo una **fuerza** resultante o neta. Nuestro problema siguiente es desarrollar una medida cuantitativa de la misma. *Podemos hacer esto definiendo el módulo, dirección y sentido de la fuerza en función de la aceleración que produce sobre un cuerpo patrón.*

4.2.1. Fuerza

La **fuerza** necesaria para producir una aceleración de 1 m/s^2 sobre el cuerpo patrón es por definición un newton (N). Así pues, la **fuerza** se define en función de la aceleración que produce sobre el cuerpo patrón.

Un medio o agente cómodo para ejercer **fuerzas** sobre objetos determinados lo constituye un muelle. En los muelles ordinarios y para pequeños alargamientos la **fuerza** ejercida es proporcional al alargamiento, que se conoce como la **ley de Hooke**. Así pues, podemos llevar a cabo experimentos para observar cómo se combinan varias fuerzas.

Se observa experimentalmente que las fuerzas se suman como vectores; es decir, la aceleración resultante se encuentra sumando las aceleraciones vectoriales que cada fuerza produciría si estuviese actuando aislada.

Esta observación se conoce como la **ley del paralelogramo para la adición de fuerzas**; las fuerzas son vectores (citado anteriormente como corolario). Si dos fuerzas iguales actúan en sentidos opuestos sobre el mismo cuerpo, la aceleración es nula.

Con nuestros muelles calibrados podemos medir la fuerza ejercida por la atracción gravitatoria de la Tierra sobre un objeto, a la que se denomina su **peso**. Cuando el **peso** de un cuerpo es la única fuerza que actúa sobre el mismo, su aceleración es de **9'81 m/s²** hacia la Tierra. El peso de nuestro cuerpo patrón es, por tanto, **9'81 N**.

4.2.1.1. Ecuaciones de equilibrio

Un objeto se encuentra en equilibrio bajo la acción de un conjunto de fuerzas si:

- a) Se encuentra en reposo y permanece en reposo (llamado *equilibrio estático*).
- b) Se encuentra en movimiento con velocidad constante (*equilibrio traslacional*).

Velocidad constante quiere decir que tanto la magnitud como la dirección y sentido permanecen constantes.

Las condiciones de equilibrio de un sólido rígido bajo la acción de fuerzas coplanares son:

1. *Equilibrio de fuerzas*. La suma vectorial de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo debe ser igual a cero.

$$\Sigma \mathbf{f} = \mathbf{0} ; F_x = 0 ; F_y = 0$$

2. *Equilibrio de momentos*. La suma de los momentos que actúan sobre el objeto debe ser cero.

$$\Sigma M = 0$$

4.2.2. Masa

La aceleración producida por un alargamiento determinado del muelle no es la misma en general que la que se tenía en el caso del cuerpo patrón. Si tenemos un segundo cuerpo “con una masa más grande”, la aceleración que se produce por una **fuerza** de **1 N**, se observa que es menor que **1 m/s²** y si tiene una masa más pequeña, la aceleración producida es mayor.

Si unimos dos cuerpos idénticos, la aceleración producida por una fuerza determinada es exactamente la mitad que la producida por la misma fuerza actuando sobre uno solo de los cuerpos. Esto sugiere que podemos cuantificar el **concepto de masa** considerando la aceleración que una fuerza determinada producirá sobre diferentes cuerpos.

Al cuerpo patrón se le asigna la **masa** de **1 kg**. A partir de este cuerpo patrón y **por comparación directa** pueden obtenerse otros cuerpos patrones secundarios; la masa de cualquier otro cuerpo puede entonces obtenerse por comparación con la aceleración producida por una fuerza dada con cada uno de los cuerpos patrones secundarios.

Obsérvese que hemos definido los conceptos de **fuerza** y **masa** de forma que la **segunda ley de newton**, $\Sigma \mathbf{F} = \mathbf{F}_{neta} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{a}$ se deduzca directamente de las definiciones dadas.

4.2.3. La fuerza debida a la gravedad: el peso

La *fuerza* más común en nuestra experiencia diaria es la *fuerza de atracción de la Tierra* sobre un objeto. Esta fuerza se denomina **peso** del objeto. En un punto dado del espacio esta aceleración es la misma para todos los objetos independientemente de su *masa*. Como la aceleración de un objeto es igual a la *fuerza* resultante dividida por la *masa* del objeto, podemos concluir que la *fuerza debida a la acción de la gravedad* (F_g) sobre el objeto es proporcional a la *masa* del mismo.

$$F_g (\text{peso}) = m \cdot g$$

siendo g la aceleración de la gravedad, es decir, la aceleración de caída libre experimentada por un objeto cuando la única fuerza que actúa sobre él es la fuerza gravitatoria terrestre.

La fuerza de atracción de la Tierra sobre un objeto varía con su posición. La fuerza debida a la acción de la gravedad varía inversamente con el cuadrado de la distancia del objeto al centro de la Tierra. Un cuerpo pesa ligeramente menos cuando se encuentra en lugares muy elevados respecto del nivel del mar.

La *masa* es una propiedad del propio cuerpo, mientras que el **peso** depende de la naturaleza y distancia de los demás objetos que ejercen fuerzas gravitatorias sobre el cuerpo.

4.2.3.1. Peso aparente

La sensación que tenemos de nuestro propio *peso* normalmente procede de las demás fuerzas que lo equilibran. Cuando estamos situados sobre una balanza de muelles, nuestros pies aprecian la fuerza ejercida sobre nosotros por la balanza. Esta balanza está calibrada de modo que registra la fuerza que debe ejercer (por comprensión de su muelle) para equilibrar nuestro peso. La fuerza que equilibra nuestro peso se denomina *peso aparente*.

Si no existiese ninguna fuerza para equilibrar nuestro peso, como sucede en la caída libre, el peso aparente sería cero. Esta condición se denomina *ingravedez*.

Corolario. A veces afirmamos que un cuerpo de *masa 1 kg.* “*pesa*” *1 kg.*, confundiendo las magnitudes *masa* y *peso* (fuerza). Las balanzas comparan *masas*, mientras que los *pesos* se miden con los dinamómetros (fuerza).

4.2.4. Unidad de fuerza y de masa

La definición del *kilogramo*, como la masa de un cuerpo patrón particular, completa la definición de las tres unidades fundamentales de la mecánica en el *sistema mks*.

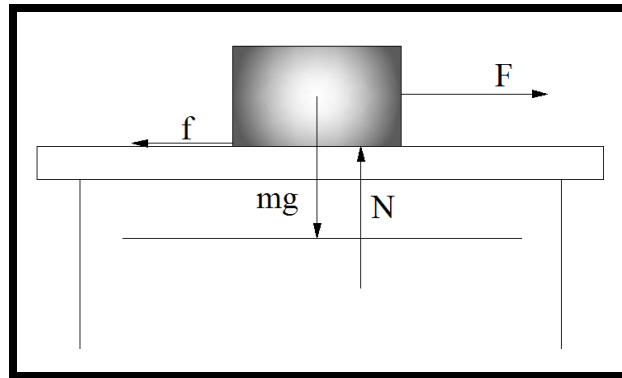
En este sistema, la *unidad de fuerza*, el *newton* (aquella fuerza que produce una aceleración de 1 m/s^2 sobre una *masa* de 1 kg) es una unidad derivada, es decir, puede expresarse en función de las tres unidades fundamentales.

4.3. FUERZA DE ROZAMIENTO

Cuando dos cuerpos se encuentran en contacto, se ejercen fuerzas entre sí debido a la interacción de las moléculas de un cuerpo con las del otro.

Existen dos tipos de rozamiento: el rozamiento *por deslizamiento* y el rozamiento *por rodadura*. Este último es el que experimentan los cuerpos cuando ruedan uno sobre el otro y su valor es mucho menor al de deslizamiento. Aquí, sólo nos ocuparemos del rozamiento por deslizamiento entre sólidos.

En ciertas circunstancias, los cuerpos en contacto se ejercerán mutuamente fuerzas tangenciales a la superficie de contacto.



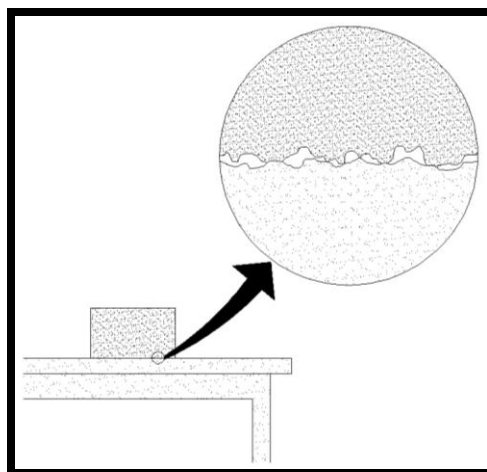
Fuerza de rozamiento

La componente tangencial de la fuerza de contacto ejercida por un cuerpo sobre el otro recibe el nombre de *fuerza de rozamiento*.

Si ejercemos una fuerza horizontal en el bloque que descansa sobre la superficie horizontal, el bloque no se desplaza si la fuerza horizontal no es lo suficientemente grande.

Evidentemente, siempre que la fuerza horizontal aplicada sea lo suficientemente pequeña, la superficie ejercerá una fuerza igual y opuesta que se opondrá a la aplicada. Esta fuerza paralela a la superficie recibe el nombre de *fuerza de rozamiento*. A su vez, el bloque ejerce una fuerza de rozamiento igual y opuesta sobre la superficie, que tiende a arrastrar a ésta en la dirección de la fuerza horizontal ejercida. Esta fuerza de rozamiento es debida a la unión entre las moléculas del bloque y la superficie en los lugares donde las superficies están en estrecho contacto.

A primera vista parece lógico que la fuerza máxima de fricción debe ser proporcional al área de contacto entre las dos superficies. Sin embargo, experimentalmente resulta que en buena aproximación es independiente de ésta área y simplemente proporcional a la fuerza normal ejercida por una superficie sobre la otra.



Área microscópica de contacto

La figura anterior es una imagen ampliada del contacto entre el bloque y la superficie; en ella se ve que el área microscópica real de contacto molecular (se aprecia la “identación” o efecto “diente de sierra” entre las rugosidades y microrrugosidades presentes en las superficies) es sólo una pequeña fracción del área macroscópica.

Leonardo da Vinci llegó a la conclusión de que la fuerza de fricción es independiente del área macroscópica de contacto. Consideremos un bloque de **1 kg** con área lateral de 60

cm² y de base de 20 cm². Si se apoya lateralmente sobre la mesa, una pequeña fracción del total de 60 cm² está realmente en contacto microscópico. Cuando se sitúa sobre su base, la fracción del área total en contacto microscópico se incrementa en un factor de 3 ya que la fuerza por unidad de área es 3 veces mayor. Sin embargo, como el área de la base es un tercio del área lateral, el área microscópica real de contacto queda inalterada.

La fuerza máxima de fricción estática $f_{e\text{ máx}}$ es, por tanto, proporcional a la fuerza normal entre las superficies.

$$f_{e\text{ máx}} = \mu_e \cdot N ; \mu_e = f_{e\text{ máx}} / N$$

donde μ_e , llamado **coeficiente de fricción estática** depende de la naturaleza de las superficies del bloque y de la mesa.

Si actuamos sobre el bloque con un esfuerzo suficiente, la fuerza de fricción estática no puede evitar su movimiento. Entonces, cuando el bloque se desliza sobre la superficie, los enlaces moleculares se forman y se destruyen continuamente y pequeños fragmentos de las superficies se fragmentan. El resultado es una fuerza de deslizamiento o fricción cinética que se opone al movimiento.

El **coeficiente de fricción cinética** μ_c se define como el cociente entre las magnitudes de la fuerza de fricción f_c y la fuerza normal N . Por tanto:

$$f_c = \mu_c \cdot N ; \mu_c = f_{c,\text{ máx}} / N$$

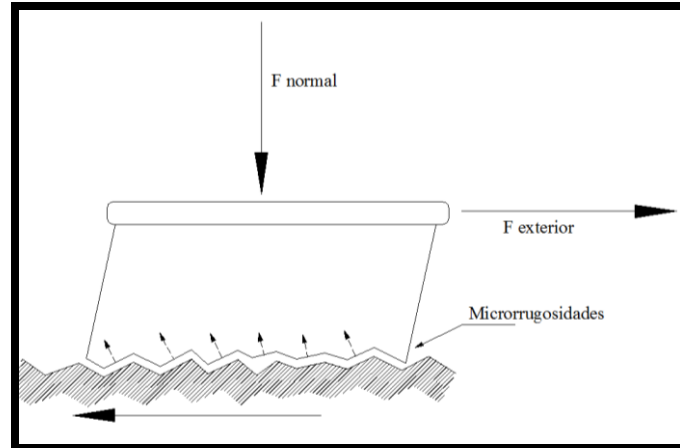
Experimentalmente resulta que:

1. μ_c es menor que μ_e .
2. En una frenada sin bloqueo de ruedas, el neumático rueda sobre la carretera sin deslizar, por lo que estamos ante el caso de *rozamiento estático*. Cuando se bloquean, éstas se deslizan sobre la carretera y estamos ante el caso de *rozamiento dinámico*.
3. La capacidad de frenado o deceleración máxima disponible es menor cuando se bloquean las ruedas, necesitándose más metros para detener el vehículo.
4. μ_c depende de la velocidad relativa de las superficies.
5. μ_c depende de la naturaleza de las superficies, pero es independiente del área macroscópica de contacto.
6. El valor de μ_c entre superficies de acero es del orden de 0'4, mientras que entre superficies de madera pulimentada gira en torno al 0'3; entre superficies engrasadas, el menor valor del coeficiente de rozamiento es de 0'03.

4.3.1. La adherencia

La adherencia de un cuerpo que se pretende hacer deslizar sobre otro se debe a dos causas principales:

- a). *La atracción electroquímica* entre las moléculas que se encuentran muy próximas entre sí.
- b). *La "identación"* entre las presentes en las superficies.

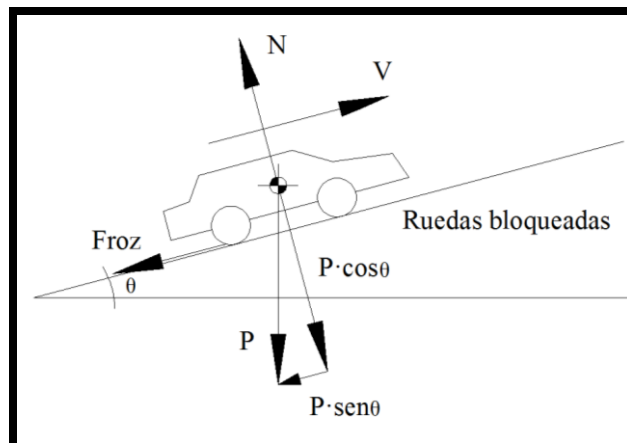


Ampliación de la zona de contacto neumático suelo, en la que se puede observar el efecto “identación”

4.3.2. Efecto de la rampa, pendiente y peralte

Qué sucede cuando la superficie de la carretera no es horizontal, sino que tiene la inclinación de una *rampa*, *pendiente*, o el de un *peralte*. Entonces el peso del vehículo ya no coincide con la fuerza normal, como se observa en la figura.

En este caso $N = P \cdot \cos \theta$. Ahora debemos hacer una corrección al coeficiente de rozamiento debido a la inclinación, con el fin de poder utilizar una expresión general, independiente de la inclinación de la calzada.



Esquema de fuerzas sobre un vehículo que desliza por una rampa

$$\mu = F_{\text{rozamiento}} / N = F_{\text{rozamiento}} / P \cdot \cos \theta, \text{ de donde } F_{\text{rozamiento}} = \mu \cdot P \cdot \cos \theta$$

Además debemos tener en cuenta la fuerza que en una subida se opone al movimiento del coche $P \sin \theta$, debida a la gravedad. Por tanto:

$$F_{\text{rozamiento}} + P \sin \theta = \mu P \cos \theta + P \sin \theta = P (\mu \cos \theta + \sin \theta), \text{ de donde:}$$

$$\mu_{\text{corregido}} = \mu \cos \theta + \sin \theta \text{ (rampa y peralte positivo).}$$

$$\mu_{\text{corregido}} = \mu \cos \theta - \sin \theta \text{ (pendiente y peralte negativo).}$$

De forma empírica se observa que para inclinaciones inferiores al 20% (0.2), se obtiene una buena aproximación sumando o restando, en cada caso, la inclinación (en tanto por uno) al coeficiente directamente, quedando las expresiones como sigue:

$$\mu_{\text{corregido}} = \mu + \text{inclinación (rampa y peralte positivo)}$$

$$\mu_{\text{corregido}} = \mu - \text{inclinación (pendiente y peralte negativo)}.$$

La utilidad de este *coeficiente corregido* radica en el hecho de que, a partir de este momento, podremos considerar la fuerza normal constante para todos los casos (horizontal o con inclinación) y con valor numérico igual al peso del móvil y únicamente será necesario corregir convenientemente el coeficiente de rozamiento.

4.3.3. Coeficiente de rozamiento en seco y en mojado

El coeficiente de rozamiento se ve fuertemente influenciado por la presencia de agua en la carretera. Puede distinguirse entre *pavimento húmedo*, cuando la capa de agua tiene únicamente unas micras de espesor y *pavimento mojado*, cuando ese espesor de la capa posee décimas de milímetro.

En *pavimento mojado*, el agua que se interpone entre el neumático y el suelo anula en gran medida las fuerzas de cohesión electroquímicas entre la superficie quedando únicamente las fuerzas de rozamiento debidas a los “identadores”.

Conforme aumenta el espesor de la película de agua (o conforme la profundidad del dibujo disminuye), el neumático no es capaz de desalojar el agua y esta comienza a acumularse, delante del mismo.

En el momento en que se produce el fenómeno del “aquaplaning”, el neumático se encuentra “rodando” por encima del agua, de la misma manera que un esquiador acuático se desplaza sobre la superficie del mar, con un coeficiente de adherencia μ mínimo agua-neumático y con una fuerza normal N sobre el suelo prácticamente anulada por la presión hidrodinámica.

4.3.4. Coeficiente de rozamiento longitudinal y transversal

Cuando actuamos sobre los frenos de una automóvil con las ruedas apuntando hacia el frente, aprovechamos la resistencia que ofrece un neumático al movimiento relativo huella-carretera (esto es, aprovechando el rozamiento) para conseguir la deceleración buscada. De la misma manera, cuando tomamos una curva o cuando en fuerte viento transversal incide sobre el costado de nuestro automóvil, logramos mantener la trayectoria deseada gracias a la resistencia del neumático a deslizar lateralmente.

A pesar de que físicamente ambos comportamientos son análogos, debido a la naturaleza constructiva de los neumáticos su comportamiento frente a esfuerzos longitudinales o transversales no es exactamente el mismo. Por este motivo, resulta frecuente hablar de dos conceptos que, si bien están íntimamente ligados, cuentan con características ligeramente diferentes:

- a) El coeficiente de rozamiento longitudinal μ .
- b) El coeficiente de rozamiento transversal τ .

Siguiendo con la misma nomenclatura de la figura,

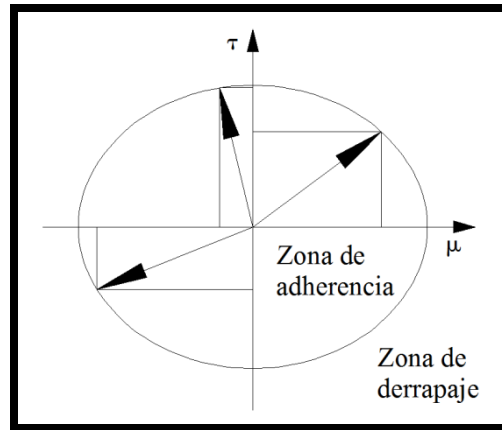
Los coeficientes de rozamiento pueden formularse:

$$\mu = F_x / \text{Peso} \quad ; \quad \tau = F_y / \text{Peso}$$

Resulta necesario incidir, en el hecho de que un neumático, antes de comenzar a deslizar puede aguantar esfuerzos hasta un determinado límite. Si, por ejemplo debido a una frenada intensa, estamos exigiendo al neumático gran parte de esa capacidad de absorción de esfuerzos, apenas dispondremos de reserva para hacer frente a un esfuerzo lateral imprevisto, como esquivar un obstáculo. Y, al contrario, si se aborda una curva a gran

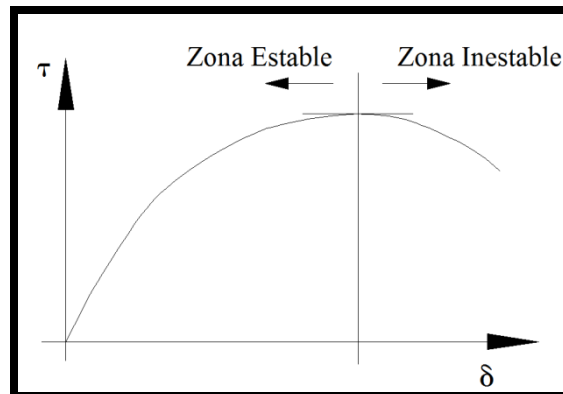
velocidad, sometiendo las ruedas a un importante esfuerzo transversal, un pequeño frenado - que en condiciones normales no entrañaría dificultades- puede producir la pérdida de control del vehículo.

Es importante reincidir, a modo de resumen, en que el potencial de adherencia de los neumáticos podemos asimilarlo a un elipsoide del que no podemos salirnos.



Adherencia de un neumático: si se utiliza mucho un componente, estaremos agotando el otro.

Por otra parte, el coeficiente de rozamiento presenta valores variables en función de una serie de parámetros como, por ejemplo, el ángulo de deriva. La dependencia entre τ y δ se representa en la siguiente gráfica:



Gráfica del coeficiente de rozamiento transversal en función del ángulo de deriva del neumático

A la vista de esta gráfica puede extraerse una consecuencia negativa para la conducción: el coeficiente de rozamiento transversal aumenta hasta un máximo, momento a partir del cual comienza a decrecer. Esto quiere decir que se encuentra en una zona inestable, donde conforme se incrementa el ángulo de deriva (por ejemplo, la curva se cierra y es necesario “girar más” la dirección), aumentando consecuentemente la fuerza centrípeta, el neumático es capaz de ofrecer menos adherencia, produciéndose la fricción lateral o derrapaje.

Este indeseable comportamiento transversal se puede generalizar a todas las circunstancias en que al neumático se le exija un mayor nivel global de solicitaciones mecánicas: aumento de velocidad, incremento de la carga vertical, etc.

4.3.5. Coeficiente de deslizamiento

En el caso de rodadura libre, la ausencia de deslizamiento implica que en cada vuelta completa la rueda avanza una longitud igual al desarrollo de la circunferencia. Cuando una

rueda bloqueada durante una frenada violenta desliza, se desplaza sin girar. Entre ambas situaciones, existen innumerables casos en los que la rueda no está completamente bloqueada, pero gira más despacio de lo que lo haría en rodadura libre.

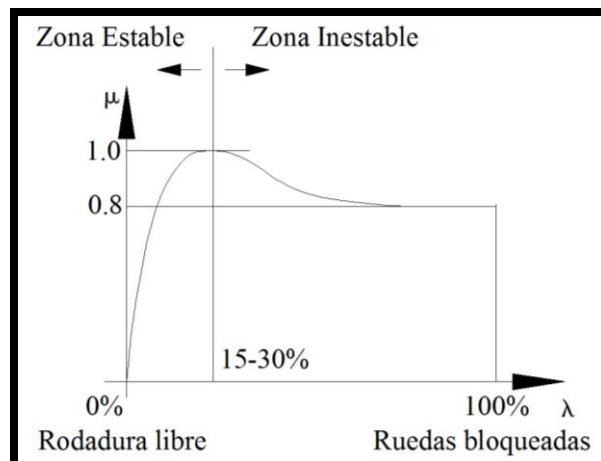
Supongamos tres casos diferentes de desplazamiento de la rueda: rodadura libre, frenada intensa y frenada bloqueada. Para caracterizar el grado de bloqueo, se define un parámetro denominado “deslizamiento”, denotado mediante la letra griega λ , cuya expresión es:

$$\lambda = \frac{\omega_{rodadura} - \omega_{real}}{\omega_{rodadura}} \cdot 100$$

El deslizamiento para los casos anteriores toma los siguientes valores:

- * Rodadura libre ($\omega_{real} = \omega_{rodadura}$) $\Rightarrow \lambda = 0\%$
- * Caso intermedio ($\omega_{real} < \omega_{rodadura}$) $\Rightarrow 0\% < \lambda < 100\%$
- * Bloqueo total ($\omega_{real} = 0$) $\Rightarrow \lambda = 100\%$

La importancia del coeficiente de deslizamiento reside en su influencia sobre el coeficiente de rozamiento longitudinal μ que, en última instancia y para detener el vehículo en el mínimo espacio posible, es el que nos interesa maximizar.



Gráfica del coeficiente de rozamiento μ en función del coeficiente de deslizamiento del neumático.

De la gráfica puede deducirse:

1. Siempre es necesario un mínimo coeficiente de deslizamiento para contar con el suficiente valor numérico del coeficiente de adherencia. Esto se debe a que los esfuerzos que se transmiten al suelo a través de los neumáticos producen unos estiramientos y aplastamientos del caucho, principalmente en la zona en la que se forma la huella de contacto neumático-carretera. Estas deformaciones se traducen en una discrepancia entre los valores de la velocidad del vehículo y la velocidad periférica de la rueda, o sea, en un deslizamiento.
2. El valor máximo de μ se obtiene para un λ que, en la mayoría de casos oscila entre el 10 y el 40%. Este valor depende en gran medida del tipo de terreno.
3. Una vez superado el valor de deslizamiento para el que se tiene la máxima adherencia, se entra en una zona inestable que conduce al bloqueo total de las ruedas.

4.3.6. Determinación práctica del coeficiente de rozamiento

Existen tres métodos fundamentales para determinar el coeficiente de rozamiento que debe emplearse en una reconstrucción de accidentes determinada. En orden descendente del grado de exactitud que puede conseguirse, los tres métodos son:

a) Realización de pruebas de frenada, empleando un vehículo de similares características y equipado con neumáticos parecidos a los del vehículo accidentado. Las pruebas deben realizarse, a ser posible, en la misma dirección indicada por las huellas de frenada (de este modo el coeficiente de rozamiento ya estará corregido teniendo en cuenta la pendiente). La velocidad inicial debería ser similar a la estimada para el vehículo siniestrado.

En este caso, la deceleración deberá ser medida mediante acelerómetros, quintas ruedas, grabadoras de datos para accidentes o cualquier otro método disponible.

b) Medición con un dinamómetro convencional de la fuerza necesaria para arrastrar un neumático lastrado (o también, una sección de neumático rellena de hormigón). Una vez determinado el peso de la rueda lastrada, por ejemplo con el mismo dinamómetro, se obtiene el coeficiente de rozamiento.

c) Examen minucioso de la superficie de la vía: tipo de firme (hormigón, asfalto, empedrado, etc.), medida de las inclinaciones longitudinales y transversales en la dirección de las huellas, temperatura de la zona y otras variables climatológicas, consultando posteriormente en las tablas de coeficientes de rozamiento.

4.3.6.1. Tablas de coeficientes dinámicos de rozamiento

Los valores usuales de μ para distintos tipos de firme y condiciones diversas se presentan en las siguientes tablas:

Tabla núm. 1: Coeficientes de rozamiento dinámico orientativos.

Estado superficial de la carretera.....	S E C A		H Ú M E D A	
	Menos de 50 km/h.	Más de 50 km/h	Menos de 50 km/h.	Más de 50 km/h.
	De... a....	De... a....	De... a....	De... a....
Hormigón				
Nuevo, liso.....	0,80 1,20	0,70 1,00	0,50 0,80	0,40 0,75
Usado.....	0,60 0,80	0,60 0,75	0,45 0,70	0,45 0,65
Pulido por el tráfico.....	0,55 0,75	0,50 0,65	0,45 0,65	0,45 0,60
Asfalto o alquitrán				
Nuevo, liso.....	0,80 1,20	0,65 1,00	0,50 0,80	0,45 0,75
Usado.....	0,60 0,80	0,55 0,70	0,45 0,70	0,40 0,65
Pulido por el tráfico.....	0,55 0,75	0,45 0,65	0,45 0,65	0,40 0,60
Con exceso de alquitrán.....	0,50 0,60	0,35 0,60	0,30 0,60	0,25 0,55
Adoquín				
Nuevo, liso.....	0,75 0,95	0,60 0,85	0,50 0,75	0,45 0,70
Pulido por el tráfico.....	0,60 0,80	0,55 0,75	0,40 0,70	0,40 0,60
Piedra compacta				
Nueva, lisa.....	0,75 1,00	0,70 0,90	0,65 0,90	0,60 0,85
Pulida por el tráfico.....	0,50 0,70	0,45 0,65	0,30 0,50	0,25 0,50
Grava				
Apisonada, con riego asfáltico.....	0,55 0,85	0,50 0,80	0,40 0,80	0,40 0,60
Suelta.....	0,40 0,70	0,40 0,70	0,45 0,75	0,45 0,75
Escorias				
Compactadas.....	0,50 0,70	0,50 0,70	0,65 0,75	0,65 0,75
Piedra				
Machacada.....	0,55 0,75	0,55 0,75	0,55 0,75	0,55 0,75
Hielo				
Liso.....	0,10 0,25	0,07 0,20	0,05 0,10	0,05 0,10
Nieve				
Compacta.....	0,30 0,55	0,35 0,55	0,30 0,60	0,30 0,60
Suelta.....	0,10 0,25	0,10 0,20	0,30 0,60	0,30 0,60
Reja metálica				
Con ranuras.....	0,70 0,90	0,35 0,75	0,25 0,45	0,20 0,35

Tabla núm. 2: Comparativa en distintas condiciones de adherencia, entre automóviles y camiones.

Descripción de la superficie de la calzada	NEUMÁTICO DE TURISMO	NEUMÁTICO DE CAMIÓN
Hormigón seco.....	0,85	0,65
Hormigón mojado.....	0,70	0,50
Asfalto seco.....	0,80	0,60
Asfalto mojado.....	0,50	0,30
Nieve compacta.....	0,15	0,15
Nieve compacta con cadenas.....		0,60
Hielo.....	0,05	0,10
Hielo con cadenas.....		0,25
Barro.....	0,45	
Gravilla o arena.....	0,55	
Hormigón mojado o muy pulido.....		0,25

Tabla núm. 3: Otros valores especiales de coeficiente de rozamiento.

Condiciones de rozamiento:	μ
Metal sobre asfalto.....	0,30 - 0,50
Techo de Turismo sobre asfalto.....	0,40
Metal sobre barro.....	0,20
Coche contra coche.....	0,55
Coche contra vallas de protección.....	0,10 - 0,70
Coche contra guardarraíl de acero.....	0,30
Coche con varios vuelcos.....	0,38 - 0,53
Motocicleta arrastrando.....	0,55
Peatones sobre asfalto.....	0,80 - 1,00

4.3.7. Frenada y huella de frenada

Las huellas de deslizamiento dejadas por el automóvil en la carretera constituyen el indicio más objetivo y fiable para la determinación de la velocidad que llevaba. A pesar de que la información que suministran es limitada, su estudio permite determinar o descartar hipótesis en accidentes en los que los demás indicios no apartan datos esclarecedores.

Son dejadas en el pavimento a consecuencia del bloqueo de las ruedas, por el intenso calor que debido al rozamiento neumático-firme llega a descomponer la goma. Físicamente, el proceso consiste en la transformación de la energía cinética inicial del vehículo en un “trabajo de rozamiento” entre el neumático y la calzada.

Las huellas son la evidencia sobre el terreno de la realización de dicho trabajo de rozamiento a lo largo de una determinada distancia “d”. La fuerza de rozamiento, según se ha visto anteriormente, tiene la siguiente expresión:

$$F_{\text{rozamiento}} = P \cdot \mu_{\text{corregido.}}$$

$$\text{Donde } P = m \cdot g.$$

El trabajo realizado por esta fuerza de rozamiento a lo largo de la trayectoria marcada por las huellas de frenada es:

$$W_{\text{rozamiento}} = P \cdot \mu \cdot d = m \cdot g \cdot \mu \cdot d$$

Igualando la energía cinética inicial y el trabajo de rozamiento debido al deslizamiento hasta la completa parada del vehículo, se obtiene:

$$E_{\text{cinética inicial}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot \mu \cdot d = W_{\text{rozamiento}}$$

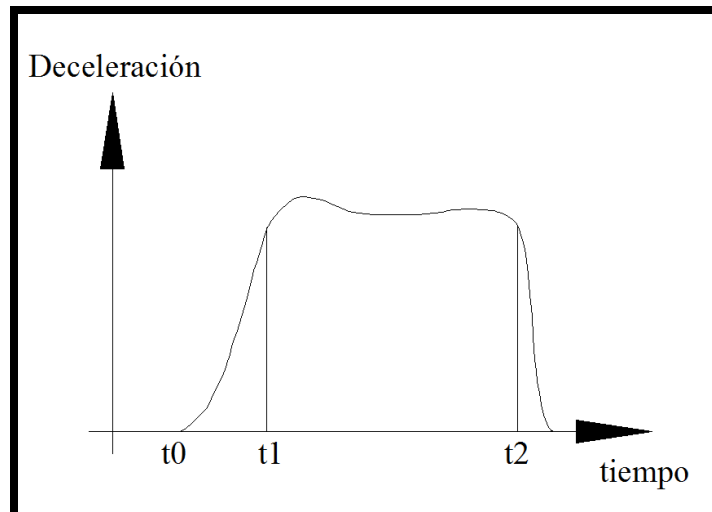
De la fórmula anterior puede despejarse la velocidad inicial:

$$v = \sqrt{2 \cdot \mu \cdot g \cdot d}$$

sólo aplicable cuando la velocidad final del vehículo es cero.

4.3.8. Frenada real y proceso de frenado

Si queremos representar la evolución en el tiempo de la deceleración real en el caso de una frenada de pánico en la que las ruedas se bloquean hasta la detención del vehículo, nos encontramos con la siguiente gráfica:



Gráfica de la deceleración real con respecto al tiempo obtenida en un caso de frenada de pánico
Fuente, "Manual Bosch de Instalaciones de frenos para automóviles".

Una frenada real transcurre de la siguiente manera: una vez que el conductor se ha percatado del peligro (**PPR**), decide la acción a tomar (**PD**), en este caso una frenada a fondo y acciona el sistema de frenado (instante representado con t_0 en la gráfica), el mecanismo de los frenos tarda un tiempo hasta que es capaz de ejercer la fuerza que conduce al bloqueo (instante t_1). A partir de este momento se obtiene una deceleración que se mantiene aproximadamente constante hasta el instante en que se deja de actuar sobre los frenos: instante t_2 .

Por tanto, previamente a que el sistema de frenado actúe plenamente (bloqueo de ruedas) y desde que ya se han accionado los frenos, transcurre un intervalo de tiempo en que estos no ejercen toda su fuerza, es el llamado **tiempo de respuesta del sistema de frenado** (no confundir con el tiempo de reacción del conductor). Este tiempo de respuesta puede oscilar de 0'2 a 0'6 segundos, dependiendo del buen estado del circuito de frenos. Varios fabricantes de automóviles han obtenido empíricamente valores de 0'25 segundos para la respuesta de sus frenos montados en vehículos nuevos.

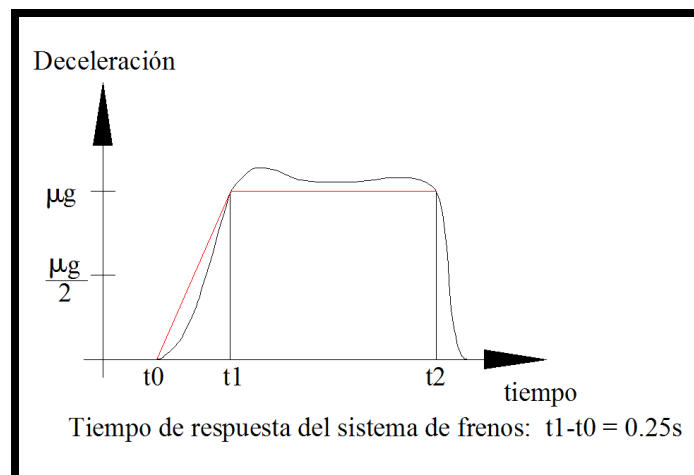
Por lo cual, el espacio recorrido en este tiempo durante el cual actúan los frenos con intensidad creciente antes de bloquear las ruedas, ha de ser añadido a la longitud de la huella de frenado medida por las marcas dejadas en el pavimento, con el fin de obtener con mayor precisión la velocidad a la que circulaba el vehículo antes de comenzar a frenar.

4.3.9. Modelización del proceso de frenado

El proceso real puede modelizarse como formado por dos etapas con valores de deceleraciones claramente diferenciadas:

1ª El tiempo de respuesta del sistema mecánico con aceleración (deceleración) creciente lineal.

2ª El campo parcial de deceleración total media con aceleración constante.



Gráfica modelizada de la deceleración obtenida en el caso de frenada

Los cálculos a realizar según esta modelización, también constan de dos fases:

a) Calcular la velocidad considerando tan solo la longitud medida de las huellas de frenada “d”.

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{inicial}}^2 = \mu \cdot m \cdot g \cdot d + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{final}}^2 ; \text{ de donde}$$

$$v_{\text{antes de bloqueo}} = \sqrt{2 \cdot \mu \cdot g \cdot d + v_{\text{residual o postbloqueo}}^2}$$

b) A la velocidad antes calculada, hay que añadir la velocidad perdida por la deceleración debida a la frenada previa al bloqueo de las ruedas:

$$v_{\text{inicial}} = v_{\text{antes de bloqueo}} + a \cdot t$$

Para la aceleración “a” debido a la frenada previa al bloqueo de ruedas se adopta un valor medio de $\frac{1}{2} \cdot g \cdot \mu$, correspondiente a la recta con la que se ha modelizado en esta fase gráfica. Como se ha indicado con anterioridad, el valor “t” de tiempo de respuesta del sistema de frenado en condiciones óptimas puede considerarse igual a 0’25 segundos.

4.3.10. Fricción previa a la aparición de huellas de frenada

Antes del comienzo visible de la huella de frenado, el sistema ya había bloqueado las ruedas y éstas deslizaban por la calzada generando una gran cantidad de calor, hasta que la goma comienza a degradarse dejando una marca oscura sobre el pavimento.

Durante este deslizamiento previo se deja una tenue marca, casi imperceptible, que desaparece rápidamente como consecuencia del viento o del paso de otros vehículos.

Esta distancia se estima entre 1 a 4 metros, dependiendo de la velocidad a la que se circule, que podría ser añadida a la huella visible para calcular la velocidad.

No obstante, este apartado es difícil de justificar con precisión en un informe, por lo que puede ser despreciado teniendo en cuenta que los cálculos serán más conservadores, es decir, calculamos una velocidad algo inferior a la que realmente circulaba el vehículo.

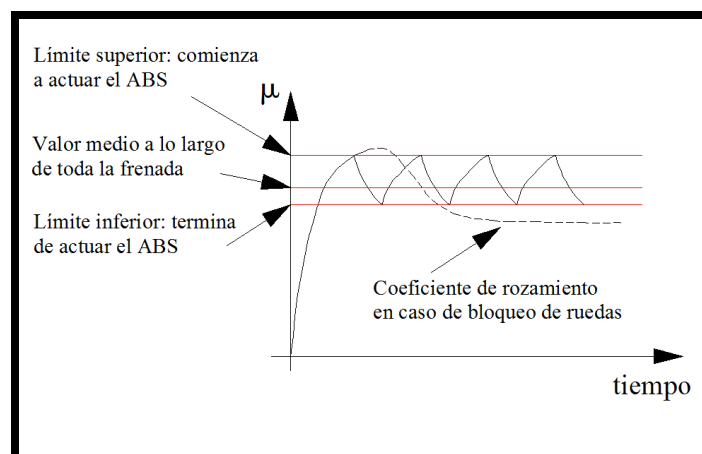
4.3.11. Frenada con ABS

“Según estimaciones hechas por expertos, un 10% de los accidentes ocurren al quedar bloqueadas las ruedas, impidiendo así poder dominar debidamente el vehículo, que se lanza a patinar” (“Manual Bosch Instalaciones de frenos para automóviles”). Esta afirmación ilustra la importancia de disponer de un sistema que evite el bloqueo total de las ruedas. El ABS (sistema antibloqueo de las ruedas) cumple esta función.

Dado que la adherencia transversal disminuye rápidamente conforme aumenta el coeficiente de deslizamiento, además de evitar el bloqueo total de las ruedas con el consiguiente alargamiento de la distancia de frenado, conviene utilizar en frenadas un coeficiente de deslizamiento moderado que asegure un suficiente valor del coeficiente de adherencia τ .

Durante una frenada con ABS, el deslizamiento aumenta hasta alcanzar la zona de máxima adherencia para a continuación, antes de entrar en zona inestable, reducir ligeramente la presión en el circuito hidráulico con lo que se reduce el par de frenado aplicado sobre las ruedas y, como consecuencia, se disminuye el deslizamiento rueda-carretera.

Antes de que el coeficiente μ -y por tanto la fuerza de frenado y la deceleración del vehículo- se hayan reducido de modo perceptible, el sistema deja aumentar la presión en el circuito para recuperar la máxima adherencia. El proceso ocurre en centésimas de segundo y se repite varias veces por segundo.



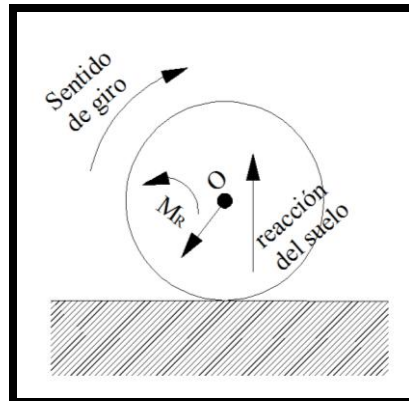
Gráfica de la evolución de μ en un vehículo equipado con ABS en caso de bloqueo de ruedas

Puede observarse que, a pesar de que en determinados momentos el ABS no aprovecha toda la adherencia disponible en la calzada, el coeficiente de rozamiento medio a lo largo de toda la frenada supera al que se obtendría en caso de bloqueo total de ruedas cumpliendo con otra función: asegurar la capacidad de guiado y direccionalidad del vehículo.

4.3.12. Resistencia a la rodadura

Al hacer rodar un cuerpo sobre una superficie horizontal se observa que el cuerpo después de más o menos tiempo se para, lo que indica la existencia de un par de fuerzas de resistencia a la rodadura de sentido contrario al que hace girar el cuerpo.

Ello es debido a que, por no ser absolutamente rígidos el cuerpo que rueda y el suelo en que se apoya, la rueda queda como encajada en éste en sus sucesivas posiciones, siendo mayores las reacciones del suelo contra la rueda en la parte anterior que en la posterior, resultando una fuerza de reacción que origina el par de resistencia a la rodadura.



Resistencia a la rodadura

La resistencia aerodinámica a 100 km/h., es responsable del 65% de toda la oposición al movimiento. Las resistencias de todos los elementos mecánicos con movimiento relativo y los rendimientos de las transmisiones representan, de modo aproximado, otro 15%. El restante 20% puede imputarse a la **resistencia al rodamiento**.

4.3.12.1. Coeficientes de resistencia al rodamiento

Tabla núm. 4: Coeficientes de resistencia al rodamiento.

Condiciones de rodadura	μ_r
Neumático correctamente inflado.....	0,01
Neumático bajo de presión.....	0,13
Neumático deshinchado.....	0,15
Freno motor, velocidad corta.....	0,2 – 0,4
Freno motor, velocidad larga.....	0,2

A modo de ejemplo, un neumático desgastado rodando sobre suelo poco abrasivo en condiciones estables de funcionamiento (más de 30 minutos rodando) ofrece aproximadamente, sólo un 33% de la resistencia a la rodadura que presentaría un neumático nuevo sobre firme rugoso y al comienzo de la marcha. Esto se traduce, para el caso del neumático nuevo, no solo en pérdida de potencia procedente del motor, sino en un mayor desgaste de los neumáticos y en un mayor consumo de combustible.

Sin embargo, no se debe nunca olvidar que el neumático nuevo presenta indudables ventajas en cuanto a capacidad de tracción y frenada, posibilidad de desalojar agua, etc.

4.4. LA FUERZA DE FRICCIÓN: INCIDENCIA DE LA ADHERENCIA Y ROZAMIENTO

El mecanismo mediante el cual el esfuerzo motor actúa sobre la propulsión del vehículo es bien conocido: el motor hace girar las ruedas motrices; éstas no pueden deslizarse sobre la carretera a causa de la existencia de rozamiento entre neumático y calzada.

Son por lo tanto obligadas a arrastrar el vehículo y su fuerza debe ser mayor que la resistencia opuesta al movimiento por los elementos que, en la hipótesis de un movimiento rectilíneo y uniforme, son la resistencia de rodadura, la resistencia del aire y el peso. Si el *esfuerzo motor* es tal que $F > P \cdot \mu_a$, siendo P el peso soportado por las ruedas motrices y μ_a el coeficiente de adherencia del neumático sobre la calzada, el desplazamiento se producirá en forma de patinaje (huella de *fricción*), *girando las ruedas* sobre el pavimento.

Durante un frenazo (huella de *frenada* o *deslizamiento*), si el *esfuerzo de frenada* aplicado F es superior a $P \cdot \mu_a$, la *rueda quedará bloqueada*.

Si un frenado excesivo consigue *bloquear las ruedas*, el vehículo se deslizará y experimentará, debido al rozamiento de deslizamiento, un esfuerzo de retardo igual a $P \cdot \mu$. Pero en este caso, μ_d es el *coeficiente de rozamiento dinámico*, mientras que cuando *las ruedas giran*, el límite de μ_e es el *coeficiente de rozamiento estático*; el frenado puede por lo tanto, producir una deceleración superior a la que se causa cuando el vehículo desliza, o lo que es lo mismo, cuando las ruedas están bloqueadas. La transformación de la energía cinética se hace sólo con el calor de rozamiento de neumático-calzada (además de la disipación de la energía por el motor), en tanto que si las ruedas no están bloqueadas y la frenada es más progresiva, se añade el calor de rozamiento de las pastillas o zapatas con el disco de la rueda.

Por supuesto, cuando se aprieta el pedal de embrague, a la vez que el freno, la distancia de paro es mayor al no contar con la pérdida de energía a través del motor.

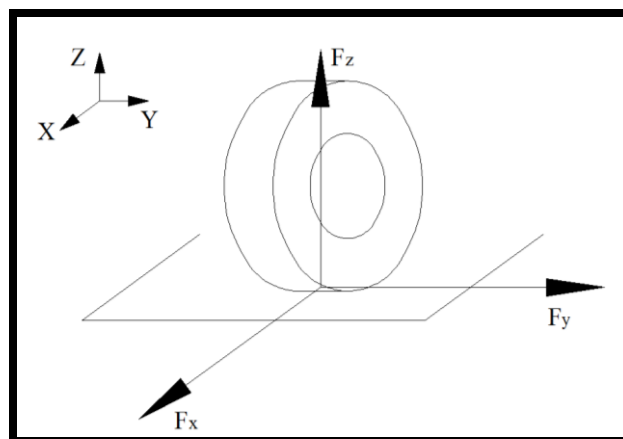
4.4.1. Esfuerzos sobre el neumático

La conducción de un vehículo exige la transmisión de esfuerzos tanto longitudinales (frenada y aceleración) como transversales (guiado, viento lateral). Estos esfuerzos provocan una deformación de los neumáticos.

Un neumático debe ser capaz de poder transmitir unas veces, y de absorber en otras, numerosos esfuerzos entre la carretera y el vehículo.

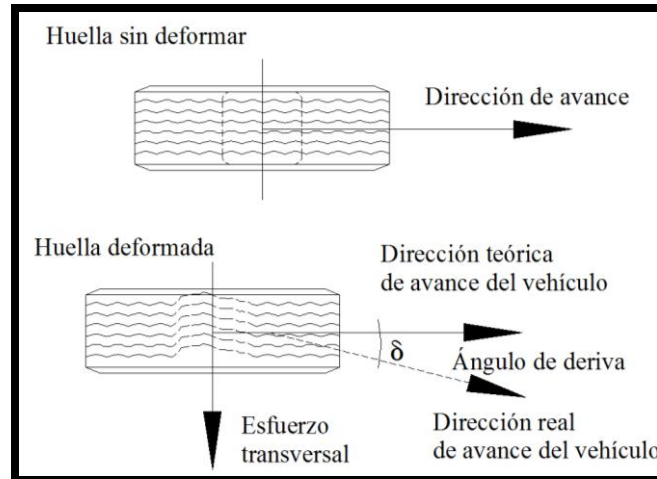
En el segundo caso, las ruedas deben filtrar del mejor modo posible las irregularidades del terreno por el que se circula. Por el contrario, también deben ser capaces de transmitir con precisión y eficacia una serie de esfuerzos en los tres ejes de referencia:

- a.- *Longitudinales a la marcha del vehículo*: frenada y arrancada.
- b.- *Transversales a la marcha*: viento lateral y cambio de dirección.
- c.- *“Normales” con respecto al suelo*: peso del vehículo, cargas dinámicas.



Esquema de los esfuerzos que actúan sobre un neumático

La deformación de la huella de un neumático sometido a fuerzas transversales tiene el aspecto que muestra la siguiente figura.



Esquema de los esfuerzos que actúan sobre el neumático

4.4.2. Ángulo de deriva

El esquema anterior, además de representar la deformación de la huella, refleja el hecho de que, en caso de esfuerzos transversales, la dirección real de avance no coincide con la dirección teórica (contenida en el propio plano de la rueda) que llevaría el vehículo en ausencia de dichos esfuerzos. Esta discrepancia en el valor de los ángulos recibe el nombre de “ángulo de deriva” que aparece anotado con la letra δ .

4.5. DINÁMICA DEL MOVIMIENTO CIRCULAR

“Fuerza centrípeta es la causa productora de la aceleración normal o centrípeta, en un movimiento curvilíneo”.

Es, por lo tanto, una magnitud vectorial de la dirección del radio, de sentido hacia el centro de la curva y cuyo módulo es el valor del producto de la masa del punto material, por su aceleración centrípeta.

Del mismo módulo y dirección que la fuerza centrípeta pero de sentido contrario se origina, por el hecho de existir la aceleración centrípeta, una fuerza de inercia *–fuerza centrífuga–* cuya existencia se supedita a la de la fuerza centrípeta.

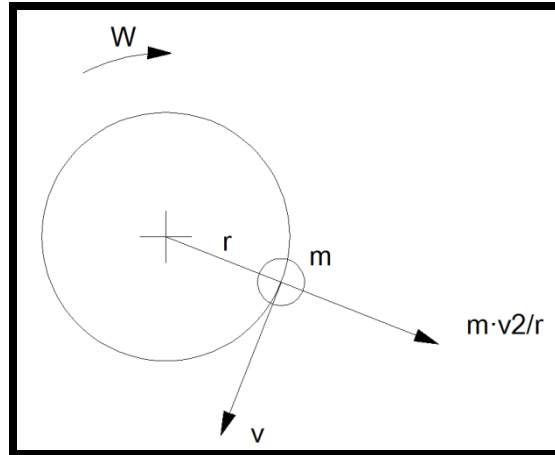
Al dar vueltas a un cuerpo sujeto al extremo de una cuerda, se mantiene en su trayectoria circular por la igualdad de las dos fuerzas; al soltar la cuerda, se elimina la fuerza centrípeta y también la centrífuga, saliendo el cuerpo por la tangente, por la inercia.

4.5.1. Fuerza centrífuga

Se llama *fuerza centrífuga* a aquella que se presenta en el movimiento curvilíneo y que tiende a separar a un cuerpo del centro del arco de la curva, siguiendo por la tangente. Es la fuerza inicial que actúa sobre la masa m que se mueve a lo largo de una trayectoria circular de radio r , debida a la aceleración normal a_c y de sentido contrario. Ya que $F_c = m A a_c$, tenemos que

$$F_{centrifuga} = \frac{m A v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

Debe dirigirse hacia fuera, desde el centro de la trayectoria circular:



Dirección y sentido de la aceleración centrífuga

4.5.2. Velocidad límite en curva

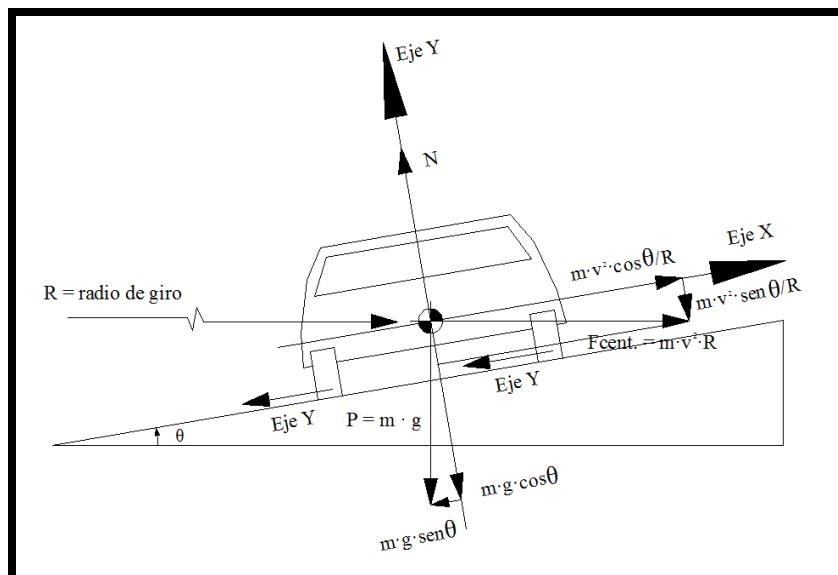
Método simplificado. Cuando un vehículo traza una trayectoria a gran velocidad pueden suceder, en general, dos situaciones:

4.5.2.1. Salida por la tangente

Que el vehículo pierda adherencia y se produzca el *derrapaje* (fricción lateral) al sobrepasar el límite de los esfuerzos tangenciales que pueden soportar sus neumáticos.

Para compensar la fuerza centrífuga, se colocan peraltes en las curvas, para que su inclinación sea la suficiente para anular la fuerza centrífuga a una determinada velocidad y sin que, al mismo tiempo su inclinación suponga peligro de resbalamiento hacia el interior de la curva para aquellos vehículos que circulen a velocidades inferiores.

El método simplificado parte del siguiente esquema de fuerzas sobre un vehículo que describe una curva peraltada:



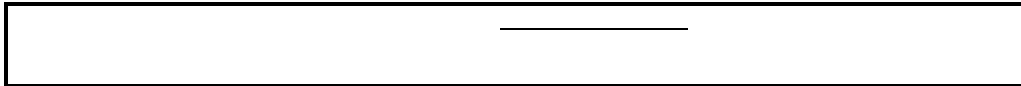
Esquema simplificado de las fuerzas que actúan en un vehículo al tomar una curva peraltada

Siendo θ el ángulo de peralte y e la pendiente (en tanto por uno) = $\tan \theta$.

La relación existente entre la pendiente expresada en porcentaje y la que se emplea para obtener el valor del ángulo θ es la siguiente:

%	<i>e</i>
1	0,01
5	0,05
10	0,1
20	0,2

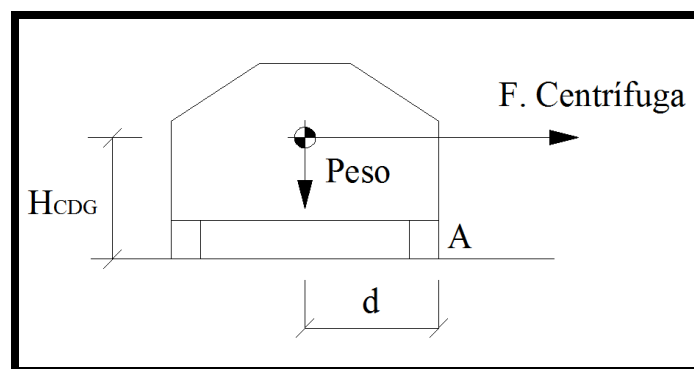
Cuando el vehículo comienza a *derrapar*, el equilibrio de fuerzas queda como sigue:



4.5.2.2. Vuelco

Cuando el vehículo (con mayor probabilidad si es de *gran altura*), pierde el equilibrio de “*momentos*”, se produce el vuelco (velocidad límite en curva, para volcar).

Esta situación es debida a que el *momento* respecto al punto de rotación generado por las fuerzas centrífugas, sobrepasa el *momento* que realiza el peso del vehículo respecto a este mismo punto.



Esquema simplificado

$$V_{\text{límite al vuelco}} = \sqrt{\frac{R \cdot g \cdot d}{H_{CDG}}}$$

Fórmula que es aplicable a curvas sin peraltes, pues si lo hay, la fórmula será:

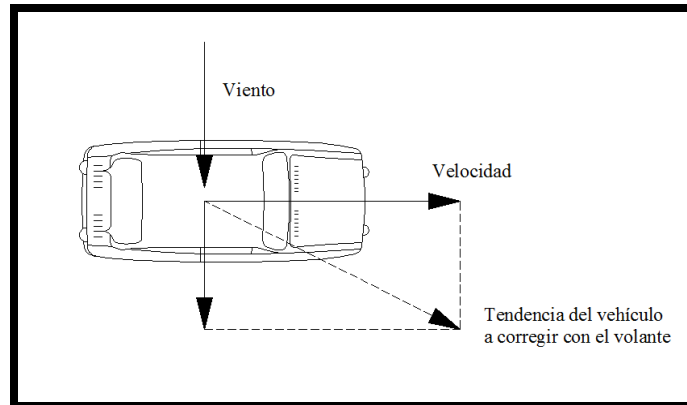
$$V_{\text{límite al vuelco}} = \sqrt{R \cdot \frac{d + H_{CDG} \cdot i}{H_{CDG} - d \cdot i}}$$

Siendo *i* la inclinación del peralte en tanto por ciento.

La fuerza centrífuga se manifiesta no sólo en el vehículo sino también en los objetos que lleva dentro, ocasionando unos desplazamientos que pueden provocar un vuelco.

4.6. LA FUERZA DEL VIENTO. AERODINÁMICA

Aunque aparentemente no parezca tener importancia, lo cierto es que el aire ejerce una enorme influencia en la marcha de los cuerpos, incluso en estado de reposo.



Circulación de un vehículo con viento de costado

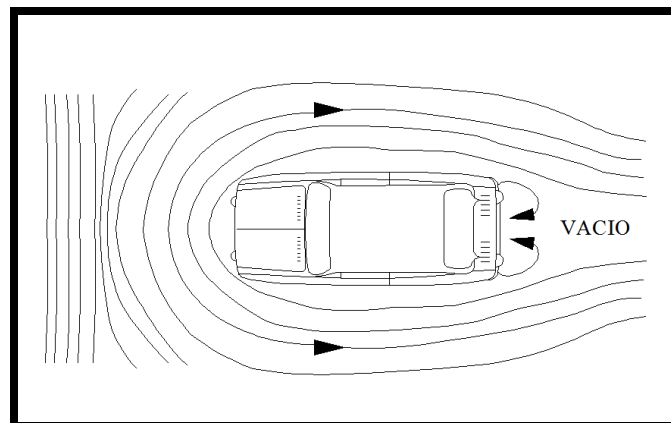
Cuando un cuerpo atraviesa las capas de aire, forma unos remolinos que se deslizan por su superficie, por lo tanto, cuanto menos lisa sea la superficie de este cuerpo o más salientes tenga, mayor fuerza de resistencia ejerce el aire sobre él. Cuando mayor sea la velocidad del cuerpo, mayor velocidad adquirirá a su vez el aire en contacto con él.

4.6.1. Fenómeno de depresión

Este aire en movimiento arrastra a la vez las capas de alrededor (cuando pasa un camión a nuestro lado notamos este fenómeno), es el llamado efecto *Venturi*.

4.6.2. Fenómeno de vacío

Cuando un cuerpo atraviesa capas de aire, deja tras de sí menor cantidad de aire, creando una corriente para rellenar el espacio, el conocido *frío en los riñones* de los motoristas.

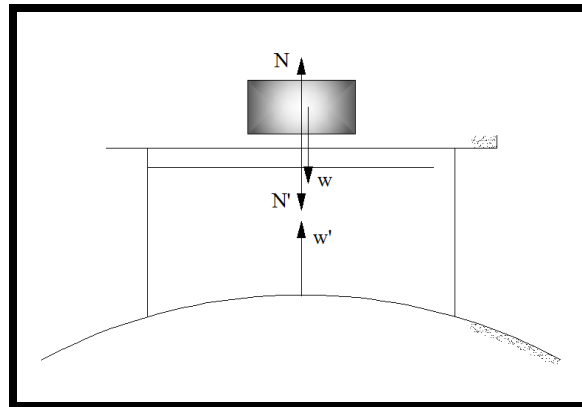


Fenómeno de vacío

4.7. PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA CANTIDAD DE MOVIMIENTO (PCCM)

Al estudiar la tercera ley de Newton se utilizan frecuentemente las palabras *acción* y *reacción*. Si la fuerza ejercida sobre el cuerpo **A** se denomina *acción* de **B** sobre **A**, entonces la fuerza que el cuerpo **A** ejerce sobre el cuerpo **B** se denomina *reacción* de **A** sobre **B**. Las fuerzas siempre se presentan en parejas de *acción-reacción* y la fuerza de reacción es igual a la de acción en cuanto a módulo y dirección, pero tiene sentido opuesto.

Obsérvese que las fuerzas de *acción* y *reacción* nunca pueden equilibrarse entre sí debido a que actúan sobre objetos diferentes. Esto se aclara en el siguiente ejemplo:



Fuerzas de acción-reacción

La fuerza que actúa hacia abajo en el bloque es el peso w debido a la atracción de la Tierra. Una fuerza igual y opuesta w' es ejercida por el bloque sobre la Tierra. Éstas son parejas *acción-reacción*. Si fueran las únicas fuerzas actuantes, el bloque se aceleraría hacia abajo. Sin embargo, la mesa en contacto con el bloque ejerce una fuerza N hacia arriba sobre dicho bloque. Esta fuerza equilibra el peso del mismo.

El bloque a su vez ejerce una fuerza sobre la mesa N' dirigida hacia abajo. Las fuerzas N y N' son también una pareja *acción-reacción*. Existe una consecuencia sencilla pero importante de la *tercera ley* en el caso de dos objetos aislados de su medio ambiente, de modo que las únicas fuerzas que actúan sobre ellos son las que se ejercen entre sí.

Sea F_1 la fuerza ejercida (por el cuerpo 2) sobre el cuerpo 1, cuya masa es m_1 y su velocidad v_1 , y $F_2 = -F_1$ la fuerza ejercida sobre el cuerpo 2, cuya masa es m_2 y su velocidad v_2 . Aplicando la *segunda ley de Newton* a cada uno de los cuerpos, obtenemos que:

$$— \quad y \quad —$$

Sumando estas dos ecuaciones y utilizando $F_2 = -F_1$, obtenemos la *ley de la conservación de la cantidad de movimiento*:

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = \text{constante}$$

La magnitud dinámica mv recibe el nombre de *cantidad de movimiento* de la partícula. Para dos cuerpos sujetos únicamente a sus interacciones mutuas, la suma de las cantidades de movimiento de los cuerpos permanece constante a lo largo del tiempo: $q = m \Delta v$, y sus unidades son **Kg·m/s (mks)**.

Este resultado es equivalente a la *tercera ley de Newton* y es que independientemente del tipo de colisión o choque que se produzca, la suma de las cantidades de movimiento de los dos cuerpos en colisión es la misma después del choque que antes del mismo.

4.7.1. Sumas vectoriales de las cantidades de movimiento

En *choques* o *colisiones*, la suma vectorial de las cantidades de movimiento justo antes de que ocurra el evento, es igual a la suma vectorial de las cantidades de movimiento inmediatamente después de ocurrido.

Cuando dos cuerpos de masas m_1 y m_2 chocan:

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v'_1 + m_2 \cdot v'_2$$

donde v_1 y v_2 son las velocidades justo antes del choque y v'_1 y v'_2 justo después del impacto.

4.7.2. Límites de aplicación en reconstrucción de accidentes

De acuerdo con lo expuesto por Lynn B. Fricke, de la Northwestern University Traffic Institute en su libro “Momentum Applications in Traffic Accident Reconstruction”, la aplicación a la reconstrucción de accidentes del *principio de la conservación de la cantidad de movimiento* (PCCM), es sensible cuando se dan las siguientes condiciones:

- a. Los ángulos de las trayectorias previas son casi rectos.
- b. Los vehículos tienen un peso similar.
- c. Los vehículos se desplazan al menos 15 ó 20 metros tras el impacto.

4.8. LA GRAVITACIÓN UNIVERSAL. LA FUERZA DE GRAVEDAD

Fuerza de gran importancia, pues interviene incluso en un objeto (vehículo) en situación de reposo o inmovilidad.

4.8.1. Ley de gravitación universal de Newton

“Todos los cuerpos se atraen entre sí con una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre sus centros de masa”,

$$f = G \cdot \frac{m m'}{d^2}$$

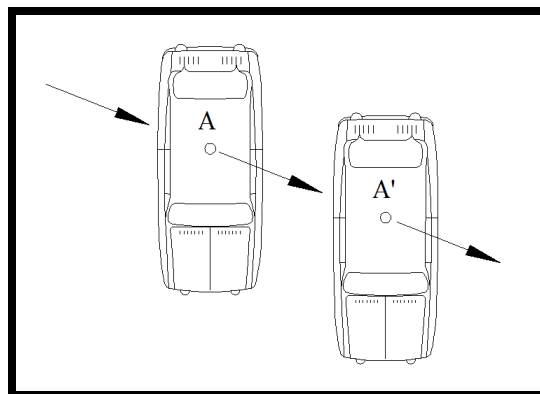
donde G es la constante de gravitación universal, con valor **6'55 A 10 (elevado a la ⁻¹¹) Nw A m² / kg²**; m y m' son las masas de los cuerpos y d la distancia entre sus centros de masa.

4.8.2. Baricentro o centro de gravedad (CDG)

Se conoce por centro de gravedad o baricentro, el punto donde se considera concentrado el peso de un cuerpo. Si suspendiésemos dicho objeto con un hilo, del citado punto, guardaría el equilibrio en cualquier posición que le diéramos.

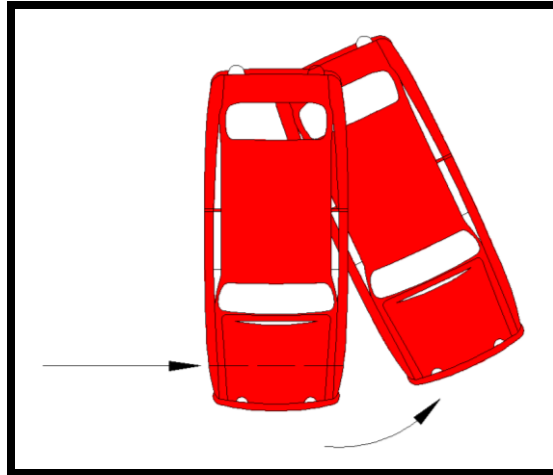
El centro de gravedad de un vehículo no se mueve mientras éste realiza un movimiento uniforme sin aceleración debido al Principio de Inercia.

En toda colisión se ejerce una fuerza sobre el vehículo siguiendo una determinada trayectoria (Fuerza Principal de Impacto o **FPI**). Si esta fuerza se ejerce sobre una línea que pasa por el *centro de gravedad*, el vehículo sufrirá una aceleración o desaceleración en la prolongación de la línea sobre la que ha actuado la fuerza.



La fuerza sí pasa por el cdg (G)

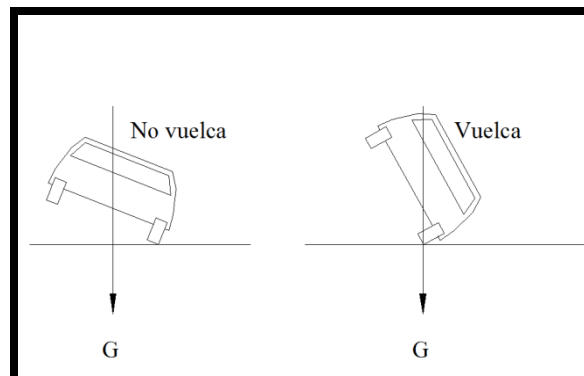
Pero si ésta se ejerciera por una línea que no pasa por el *centro de gravedad*, el vehículo sufrirá un movimiento de rotación que tendrá como centro el de gravedad y se dirigirá en el mismo sentido en el que actúa la fuerza.



La fuerza pasa por un punto distinto del baricentro

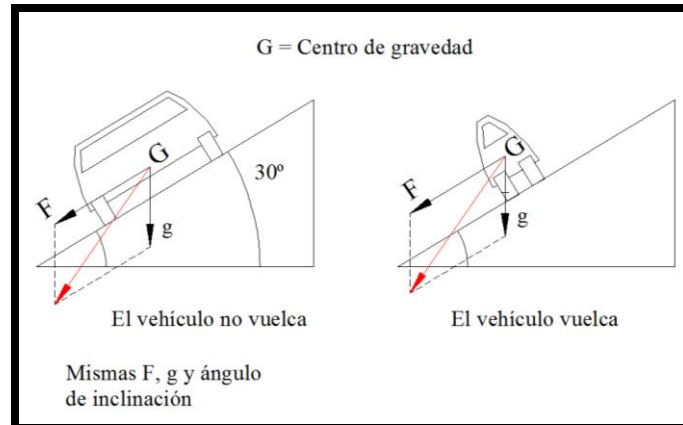
El resultado sería el mismo (la rotación), si la FPI no coincidiera en altura con el *cdg* (G) del vehículo que recibe el impacto.

El centro de gravedad influye en la estabilidad de los cuerpos de tal manera que cuando la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre él, sale de la base de sustentación del cuerpo, éste pierde el equilibrio.



Vuelco. No vuelco

Por tal motivo interesa siempre en aras de la mayor seguridad, que el centro de gravedad se halle lo más bajo posible como puede comprenderse en las figuras siguientes y que la distancia a los extremos de la base de sustentación del vehículo sea la mayor posible (cuanto más bajo sea el vehículo y cuando más ancho, mayor estabilidad).

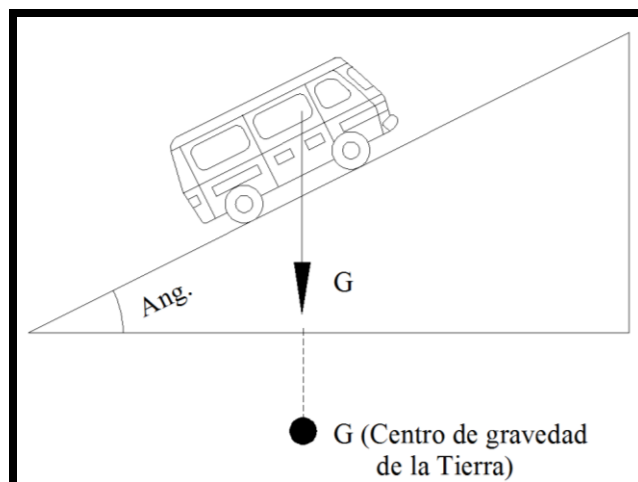


El vehículo no vuelca. El vehículo vuelca

4.8.3. Peso de un cuerpo

Como ya anticipábamos, el peso de un cuerpo disminuye conforme aumenta su altura. En las rampas y pendientes, la velocidad del vehículo aumentará o disminuirá respectivamente en el equivalente de la aceleración debido a la gravedad, en relación con el ángulo de inclinación de la rampa o pendiente. De ahí la fórmula:

$$v = \text{áng} (+ \text{ o } - \text{ en tanto } \%) \cdot g$$



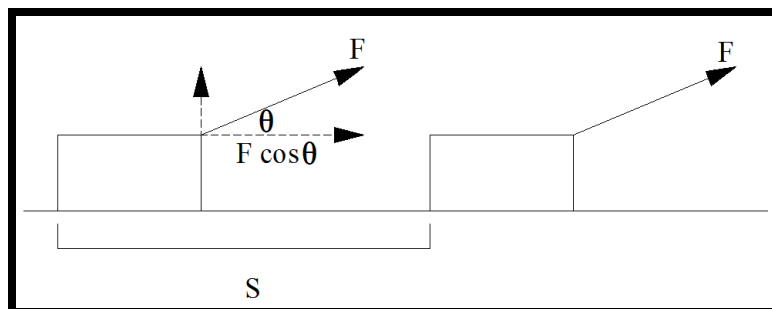
Vehículo subiendo una rampa

El plano inclinado tanto puede ser en el aspecto longitudinal de la carretera (rampa y pendiente), como en el plano transversal (bombeo de la carretera y peralte). En estos últimos casos, el automóvil tiende a desplazarse desde el plano superior al inferior de la calzada; este efecto debe ser corregido por el conductor *con* el volante; esta fuerza transversal puede calcularse mediante la fórmula $g = P \cdot i$, siendo g la gravedad; P el peso del vehículo e i el ángulo de inclinación transversal en %.

5. TRABAJO, ENERGÍA Y POTENCIA

5.1. TRABAJO

Cuando una fuerza $\mathbf{F}$ actúa sobre un cuerpo, éste experimenta un desplazamiento vectorial $\mathbf{s}$. La componente de $\mathbf{F}$ en la dirección de $\mathbf{s}$ es $F \cdot \cos \theta$. El trabajo W efectuado por la fuerza $\mathbf{F}$, se define como la componente de $\mathbf{F}$ en la dirección del desplazamiento, multiplicada por el desplazamiento.



Trabajo de rozamiento

Nótese que α es el ángulo entre la fuerza y el vector desplazamiento. El trabajo es una magnitud escalar. Si $\mathbf{F}$ y $\mathbf{s}$ están en la misma dirección y en el mismo sentido, $\cos 0^\circ = 1$ y $W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{s}$. Pero si $\mathbf{F}$ y $\mathbf{s}$ tienen sentidos opuestos, entonces $\cos 180^\circ = -1$ y $W = -\mathbf{F} \cdot \mathbf{s}$, el trabajo es negativo. Fuerzas como la de rozamiento disminuyen el movimiento de un objeto y su sentido es opuesto al desplazamiento; en tales casos efectúan un trabajo negativo.

Unidades de trabajo. Un Newton por metro, llamado **julio (J)**, es el trabajo efectuado por una fuerza de 1 N cuando desplaza a un objeto 1 m en la dirección y sentido de la fuerza.

5.2. ENERGÍA CINÉTICA

La **Energía Cinética (E_c)** de un objeto, es su capacidad para realizar un trabajo debido a su movimiento. Si un objeto de masa m tiene una velocidad v , su E_c traslacional es:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Para expresar la E_c en **Julios**, la masa debe expresarse en kg . y la velocidad en m/s .

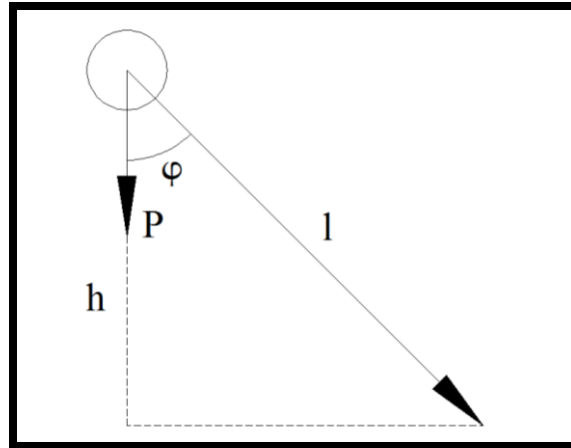
5.3. ENERGÍA POTENCIAL

La **energía potencial (E_p)** de un objeto es su capacidad para realizar trabajo debido a su posición en el campo gravitacional y se mide en las mismas unidades que el trabajo.

Cuando abandonamos un cuerpo a una cierta altura, adquiere una velocidad y, por tanto, una energía cinética que nos mide el trabajo realizado por el “peso” del cuerpo, cuando éste cae (**energía potencial gravitatoria**).

5.3.1. Energía potencial gravitatoria

Es la aptitud que tiene el **peso ($m \cdot g$)** de los cuerpos para realizar, al caer éstos, un trabajo. El trabajo realizado por el peso (P) al recorrer una altura h , es $E_p = m \cdot g \cdot h$.



Energía potencial gravitatoria

5.4. POTENCIA

Es la cantidad de trabajo desarrollado por unidad de tiempo. **Potencia media = trabajo / tiempo = fuerza · velocidad**

Donde velocidad quiere decir la componente de la velocidad del objeto en la dirección de la fuerza que se aplica. Su unidad en el Sistema Internacional de Unidades es el Watio (**W**) y equivale a **1 J/s**. Otras unidades frecuentemente utilizadas en automoción son el **CV = 735'498 W** y la unidad inglesa **hp = 746 W**.

5.5. PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA (PCE)

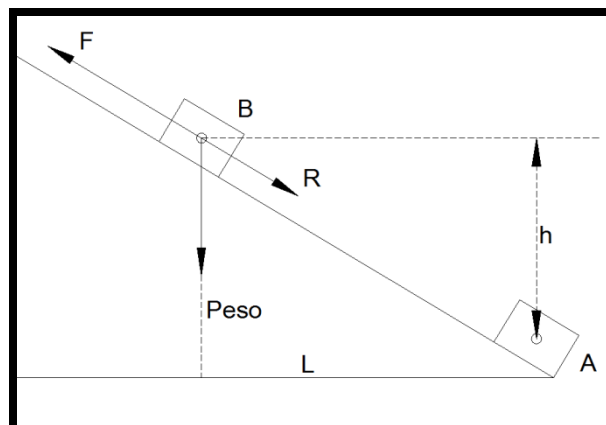
Principio Universal de Conservación de la Energía: **“La energía ni se crea ni se destruye, simplemente se transforma”**.

Según el citado principio, al pretender subir un cuerpo quieto por un plano inclinado, el cuerpo roza con el plano y se opone por ello, a su movimiento una fuerza **R** (resistencia pasiva). Aplicamos al cuerpo una fuerza **F** paralela al plano y realizamos un recorrido **s (L)**, en la propia dirección de la fuerza; el trabajo realizado es **F · s (L)**.

Tal trabajo se ha empleado en **tres finalidades**:

1. Aumento de la energía cinética del cuerpo ($1/2 \cdot m \cdot v$); en la posición **A** la velocidad del cuerpo era **cero (0)**; en la **B** es **v**.

2. Aumento de la energía potencial de posición: al elevarse el cuerpo una altura **h** ha adquirido la posibilidad de realizar un trabajo en su caída ($m \cdot g \cdot h$), es decir, se ha producido un aumento de la Energía Potencial Gravitatoria.



3. Trabajo realizado contra las resistencias pasivas (R, s); por efecto de los rozamientos, el plano y el cuerpo se han calentado (el calor es una forma de la energía), calor que ceden al exterior hasta conseguirse el equilibrio térmico (igualdad de temperatura). En los cuerpos y en el aire ha quedado acumulada la “energía calorífica”.

El anterior ejemplo nos indica que *el trabajo de las fuerzas exteriores a un sistema, se emplea íntegramente en incrementar su energía* (consideramos como “sistema” en el anterior ejemplo, la materia que constituye el plano inclinado y el ambiente que les rodea).

Como consecuencia de lo anterior:

a) “Si no actúan fuerzas exteriores a un sistema, su energía permanece constante.

b) Podrá haber intercambios entre unas u otras formas de energía, pero su suma, la energía total, es siempre la misma.

Considerando que el Universo es un sistema aislado, se puede afirmar que la energía total del Universo se mantiene constante.

En el campo de los accidentes de tráfico, este Principio es de la mayor importancia, pues *un vehículo que circula a una velocidad posee una Energía Cinética que al colisionar no se perderá, sino que se transformará en calor, desplazamientos, deformaciones, etc.* Cuanta mayor sea su velocidad, mayor energía habrá de transformarse, entre otras cosas, en daños personales y materiales.

5.6. ENERGÍA FRENANTE O DE ROZAMIENTO

Empleamos este término para definir la cantidad de energía desarrollada por los neumáticos en la fase que va desde el punto de colisión (**PC**) hasta el punto de posición final (**PF**) de los vehículos que han colisionado, o desde que actuando sobre los frenos bloquea las ruedas, hasta el punto de colisión (**PC**) o hasta la posición final (**PF**) según los casos.

$$E_{\text{rozamiento}} = P \cdot \mu \cdot d = m \cdot g \cdot d \cdot \mu$$

Siendo:

μ = coeficiente de adherencia de la carretera.

d = distancia recorrida desde el bloqueo de ruedas o desde el punto de colisión con ruedas trabadas.

g = aceleración debida a la gravedad terrestre.

m = masa.

5.6.1. Relación entre la fuerza viva o cinética (E_C) y la energía frenante (E_R)

Los dos términos, *fuerza viva* y *energía frenante o de rozamiento* tienen un valor equivalente, por lo que puede establecerse una conjunción de las fórmulas, resultando:

$$E_{\text{cinética}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad \text{y} \quad E_{\text{rozamiento}} = m \cdot g \cdot d \cdot \mu$$

a. Sólo uno de los vehículos lleva velocidad. En este caso P_1 es el peso del vehículo que colisiona, P_2 el del vehículo contra el que colisiona y v la velocidad del vehículo que colisiona.

_____ , _____

b. Ambos vehículos llevan velocidad.

$$\frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot (m_1 + m_2) \cdot v^2$$

multiplicando todo por 2, nos quedará:

$$m_1 \cdot v^2 + m_2 \cdot v^2 = (m_1 + m_2) \cdot v^2$$

6. ENERGÍA DE DEFORMACIÓN

6.1. INTRODUCCIÓN

Según afirma el Teorema de Conservación de la Energía, la diferencia entre la energía cinética inicial y la final del sistema, no puede desaparecer sino que ha de transformarse, en su mayor parte, en trabajo o energía absorbida en la deformación de los vehículos accidentados.

Si asumimos que el trabajo realizado para producir unas determinadas deformaciones es igual a la energía cinética perdida en un impacto, podremos obtener una estimación de la velocidad y de la violencia del mismo.

6.2. LA TEORÍA DE CAMPBELL-McHENRY

En 1974, como resultado de analizar numerosos ensayos de choque realizados por General Motors en EE.UU., *Kenneth Campbell* estableció en un artículo publicado por la Society of American Engineering la relación lineal entre velocidad a la que se produce la colisión y la deformación residual sufrida por los vehículos ensayados.

Esta teoría fue posteriormente utilizada por *R.R. McHenry* para modelizar el comportamiento de los vehículos a partir de un muelle lineal que absorbe energía al deformarse. Por tanto, *McHenry* extrapoló la relación de proporcionalidad entre deformación y velocidad a una nueva relación, también proporcional, entre deformación y fuerza actuante en el impacto.

Estos indicadores de la rigidez o solidez estructural de un vehículo varían de un vehículo a otro (incluso entre automóviles de la misma marca, modelo y versión, pero con distinto año de fabricación). Por ello es necesario trabajar con coeficientes obtenidos a partir de ensayos de choque de cada modelo o a partir de estadísticas suficientemente contrastadas.

La variación de la rigidez no sólo se produce de un vehículo a otro, sino que dentro de un mismo automóvil los diferentes elementos que sufren deformación poseen distintos valores de rigidez: parachoques, largueros del chasis, chapas, etc. Si a esto añadimos la variación de la rigidez de algunos elementos conforme aumenta la deformación, como por ejemplo diversas estructuras resistentes de “deformación programada”, el cálculo aún se complica ulteriormente y se hace imprescindible una mayor *cautela cuando se aplican estos resultados*.

Sin entrar en los *principios físicos y relaciones entre parámetros*, de éstos se obtiene que cuando estamos ante un choque de un automóvil contra una barrera fija –donde ésta no se mueve ni absorbe energía alguna (no se deforma) y su masa, en comparación con la del automóvil, es infinita- la fórmula para el cálculo de la velocidad sería:

$$EBS = v_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot E_1}{M_1}}$$

Esta velocidad recibe el nombre de “*velocidad equivalente de barrera*” (“*equivalent barrier speed*” –EBS- o “*energy equivalent speed*” –EES-) y es especialmente útil para comprobar la energía absorbida por vehículos en diferentes choques, o lo que es lo mismo, la severidad del impacto y por tanto, la probabilidad de que los ocupantes sufran lesiones importantes.

Existen distintos métodos para determinar la energía absorbida por deformación a partir de mediciones tomadas en los vehículos accidentados:

6.2.1. Método gráfico

Consiste en obtener dos puntos de la recta de deformación producida, para de esta manera, calcular los coeficientes de rigideces.

La normativa europea de homologación de parachoques exige que, tras un impacto realizado contra barrera fija a 4 km/h, los únicos daños presentes en el vehículo se limiten a los sufridos por el parachoques.

Este sencillo método es únicamente preciso en sus resultados en caso de impacto frontal entre vehículos con un 100% de superposición. Ello es debido a que la principal limitación de este procedimiento reside en el hecho de que *el método no tiene en cuenta la anchura de la zona afectada, sino únicamente la profundidad de la deformación.*

6.2.2. Método analítico. Rudolf Limpert

Es un método que puede servir para comprobar los resultados obtenidos por otros caminos o que puede dar una primera aproximación del rango de valores en los que se encuentra la velocidad. Se basa en obtener una fórmula que reproduzca fielmente la forma de la curva real deformación-velocidad, dado que existen diferentes curvas reflejo de las diferentes rigideces de los automóviles según haya sido la *zona de impacto afectada - l (metros)-* (delantera, trasera o lateral).

1). Impactos frontales:

a). Vehículo medio:

b). Vehículo grande:

c). Vehículo pequeño:

2). Impactos posteriores:

3). Impactos laterales:

Diversos ensayos de choques con motocicletas que impactan lateralmente contra un turismo permiten obtener las siguientes fórmulas aproximadas para la velocidad de la motocicleta antes del impacto en función de la longitud en que se ha reducido la batalla de la misma (l_m).

Esta fórmula sólo debe ser utilizada cuando la velocidad de la motocicleta sea superior a 6,6 m/s (25 km/h).

6.2.3. Método energético

Los coeficientes que se incluyen en la tabla, fueron obtenidos en ensayos frontales o laterales de vehículos, bajo las siguientes restricciones:

- a. La rigidez es aproximadamente uniforme en toda la anchura afectada.
- b. La fuerza “ F ” se supone que actúa perpendicularmente a la superficie del vehículo.
- c. La deformación se mide también perpendicularmente a la superficie.
- d. La deformación posee una profundidad aproximadamente constante desde el suelo del vehículo hasta el capó, techo o tapa del maletero.
- e. El área de impacto de los dos vehículos involucrados en la colisión adquieren una velocidad común en el instante en que se produce la máxima profundidad de deformación.
- f. Las fuerzas exteriores al sistema compuesto por los vehículos involucrados en la colisión (rozamiento neumático-asfalto) son despreciables frente a las fuerzas internas al sistema. Esta condición no suele cumplirse en colisiones a baja velocidad.

El trabajo realizado por la fuerza actuante durante la deformación es igual a la fuerza “ F ” multiplicada por la longitud a lo largo de la cual actúa (la profundidad de deformación “ x ”) y extendida a toda la superficie (habrá que considerar toda la anchura afectada “ L ”).

De lo anterior y *en función de 2, 4 ó 6 medidas* de la profundidad de deformación residual del vehículo, y suponiendo variación lineal de dicha deformación entre cualesquiera dos medidas “ C_1 ”, se llega a las siguientes fórmulas:

a). *Dos mediciones:*

— — —

b). *Cuatro medidas:*

$$E_{\text{deformación}} = \frac{L}{3} \cdot \left[\frac{A}{2} \cdot (C_1 + 2 \cdot C_2 + 2 \cdot C_3 + C_4) + \frac{B}{6} \cdot (C_1^2 + 2 \cdot C_2^2 + 2 \cdot C_3^2 + C_4^2 + C_1 \cdot C_2 + C_2 \cdot C_3 + C_3 \cdot C_4) + 3 \cdot \frac{A^2}{2} \cdot B \right]$$

c). *Seis mediciones:*

$$E_{\text{deformación}} = \frac{L}{5} \cdot \left[\frac{A}{2} \cdot (C_1 + 2 \cdot C_2 + 2 \cdot C_3 + 2 \cdot C_4 + 2 \cdot C_5 + C_6) + \frac{B}{6} \cdot (C_1^2 + 2 \cdot C_2^2 + 2 \cdot C_3^2 + 2 \cdot C_4^2 + 2 \cdot C_5^2 + C_6^2 + C_1 \cdot C_2 + C_2 \cdot C_3 + C_3 \cdot C_4 + C_4 \cdot C_5 + C_5 \cdot C_6) + 5 \cdot \frac{A^2}{2} \cdot B \right]$$

Para obtener datos fiables a partir del método Campbell-McHenry es preciso que se cumplan todas las restricciones listadas anteriormente. Cuando la fuerza no es perpendicular a la superficie, sino que forma con ésta un ángulo “ α ”, se define una fuerza equivalente normal “ F_n ” de la siguiente manera:

$$F_n = F_{\alpha} / \cos \alpha$$

6.2.3.1. Toma de medidas de la zona deformada

La toma de medidas de las zonas deformadas de los vehículos a estudiar, se realizará según lo reseñado en el capítulo del *Examen exterior del vehículo*.

7. ELASTICIDAD

7.1. CONCEPTOS

Cuerpos perfectamente *elásticos* son los que modificados su volumen o forma, recobran su modo de ser primitivo al cesar la causa que produjo el cambio.

Cuerpos *inelásticos* son los que no recobran su volumen o forma primitivos, al cesar la causa que los alteró.

Límite de elasticidad es la mínima fuerza por unidad de sección, capaz de producir una cierta modificación permanente de forma o volumen.

Límite de ruptura es la mínima fuerza, por unidad de sección, capaz de producir la ruptura del cuerpo.

7.2. LEY DE HOOKE

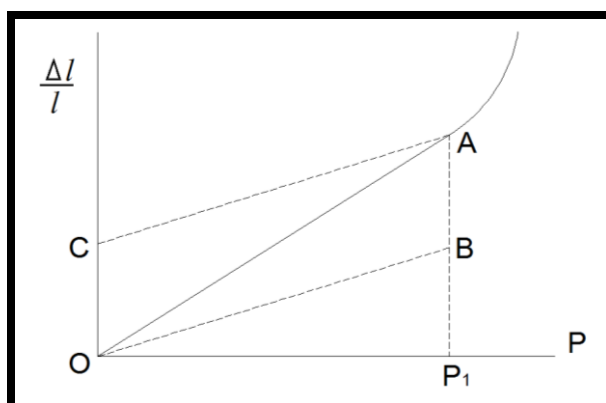
“Las deformaciones o cambios de volumen producidos en los cuerpos, son directamente proporcionales a las fuerzas o pares de fuerzas que los produjeron, siempre que no se rebase el límite de elasticidad”.

7.3. HISTÉRESIS ELÁSTICA

Si de un alambre suspendemos pesos gradualmente mayores, se producen en él alargamientos crecientes. Si representamos en abscisas los pesos y en ordenadas los aumentos relativos de longitud (variación que experimenta cada unidad de longitud), obtendremos, en principio, una línea recta hasta que al rebasar un determinado peso (P_1), $\Delta l / l$ deja de ser proporcional al peso y se obtiene una línea curva en la representación gráfica.

Si en vez de hacer la carga gradualmente, se hace toda a la vez, el alargamiento es menor (línea **OB**). Con el tiempo, el cuerpo adquiere los valores correspondientes a los alargamientos expresados en la línea **OA**.

Si se descarga gradualmente la barra va disminuyendo de longitud (línea **OA**). Si la descarga se hace toda a la vez, queda a la barra un alargamiento remanente **OC**. La línea **CA** indica los alargamientos que quedan en la barra, tras las descargas bruscas. Con el tiempo la barra va adquiriendo la longitud que corresponde a los valores representados en **OA**.



Histéresis elástica

A este fenómeno de retraso del efecto con relación a la causa, se le denomina *histéresis elástica*, siendo un componente fundamental del rozamiento entre rueda y pavimento.

7.3.1. Elasticidad por tracción

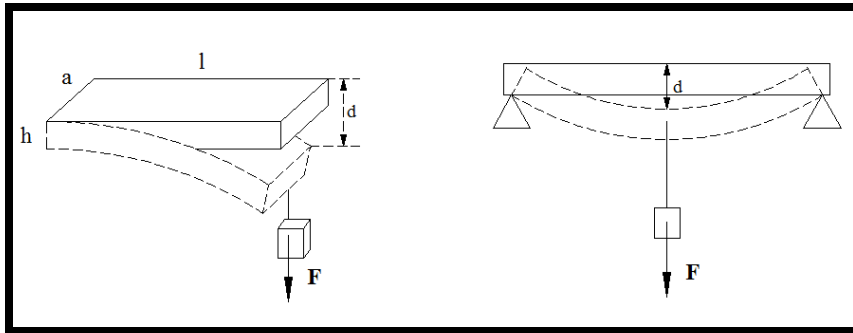
Se conoce como tal *al fenómeno de la variación temporal de la longitud de un cuerpo, por efecto de una fuerza.*

7.3.2. Comprensibilidad

Es el fenómeno de disminución del volumen de un cuerpo, al aplicar a su superficie externa, presiones hacia el interior del cuerpo.

7.3.3. Elasticidad por flexión

Fenómeno de deformación de un cuerpo, por efecto de una fuerza, perpendicular a su dimensión mayor.



Flexión

7.3.4. Elasticidad de deslizamiento o cizalladura

Fenómeno de deformación de un cuerpo, conservando su volumen, al aplicar fuerzas tangenciales a alguna de sus superficies.

7.3.5. Elasticidad por torsión

*Es el fenómeno de retorcerse un cuerpo, **como** una barra, al aplicar sobre él un par de fuerzas.*

8. EL CHOQUE

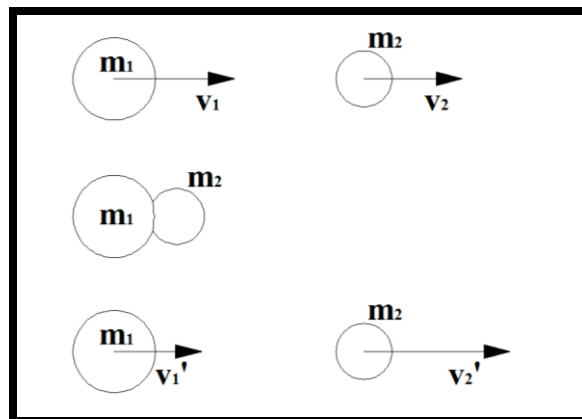
8.1. CHOQUE PERFECTAMENTE ELÁSTICO

Al chocar dos cuerpos perfectamente elásticos, se deforman en el choque y salen de él, recobrando su forma primitiva.

Estudiaremos únicamente el caso de que las velocidades de los centros coinciden en dirección (choque central).

La cantidad de movimiento antes del choque es igual a la cantidad de movimiento después del choque, por no actuar sobre el sistema fuerzas exteriores.

También se cumple que *la energía cinética antes del choque, es igual a la de después del mismo*, por no haber fuerzas exteriores ni modificación final de la forma o volumen de los cuerpos, que pudiera variar su energía potencial y por quedar los centros de masas de los cuerpos a la salida del choque, en la misma posición que al iniciarlo.



Choque perfectamente elástico

El problema del choque es *dadas las masas m_1 y m_2 de los cuerpos y sus velocidades v_1 y v_2 , determinar las velocidades v_1' y v_2' después del choque.*

Expresando las igualdades enunciadas:

(1)

– – – – – (2)

Operando con las anteriores expresiones, obtenemos:

(3)

(4)

Por división, y considerando que la diferencia de cuadrados es suma por diferencia, obtenemos:

$$\boxed{} \quad (5)$$

De esta ecuación obtenemos:

$$v_1' = v_2 + v_2' - v_1 \quad y \quad v_2' = v_1 + v_1' - v_2$$

Valores que sustituidos en (3) nos dan:

$$m_1 (v_1 - v_2 - v'_2 + v_1) = m_2 (v'_2 - v_2) \quad y$$

$$m_1 (v_1 - v'_1) = m_2 (v_1 + v'_1 - v_2 - v_2)$$

Desarrollando, agrupando términos y despejando al fin, las incógnitas v'_1 y v'_2 , obtenemos:

$$\text{_____} \quad \text{_____} \quad (6)$$

$$\text{_____} \quad \text{_____} \quad (7)$$

Si $m_1 = m_2$, es decir si los cuerpos que chocan son de igual masa m , la diferencia $m_1 - m_2$ se anula y las fórmulas anteriores se convierten en:

$$v'_1 = 2 \frac{m \cdot v_2}{2m} = v_2$$

$$v'_2 = 2 \frac{m \cdot v_1}{2m} = v_1$$

Si dos cuerpos, perfectamente elásticos y de masas iguales, chocan, la velocidad del primero es adquirida por el segundo y a la inversa. Si además de ser $m_1 = m_2$, se verifica que $v_2 = 0$, es decir que uno de los cuerpos está parado, las fórmulas anteriores nos dan:

$$v'_1 = 0$$

$$v'_2 = v_1.$$

Si dos cuerpos, perfectamente elásticos y de masas iguales, chocan estando uno de ellos en reposo, éste, después del choque, adquiere la velocidad del otro, y el que se movía queda en reposo.

Si uno de los cuerpos está fijo, es decir que $v_2 = 0$ y su masa m_2 es extraordinariamente mayor que la de m_1 , la fórmula (6) se transforma u queda la ecuación:

$$v'_1 = v_1 \frac{-1}{1} = -v_1$$

Cuando un cuerpo, perfectamente elástico, choca normalmente con otro, también elástico, en reposo y de masa mucho mayor que la suya, sale con la misma velocidad que tenía antes del choque, pero en sentido contrario.

8.1.1. Choque oblicuo

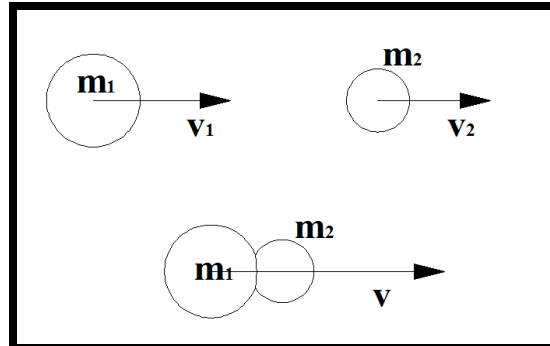
Es el problema de la bola de billar, chocando oblicuamente en la banda de la mesa.

Cuando un cuerpo, perfectamente elástico, choca oblicuamente con otro, también elástico, en reposo y de masa mucho mayor que la suya, sale con la misma velocidad que tenía antes del choque, cumpliéndose que el ángulo de incidencia y de reflexión son iguales.

$$v_1 = v_2$$

8.2. CHOQUE INELÁSTICO

En el choque de los cuerpos perfectamente inelásticos, toda deformación producida en ellos se mantiene después del choque y el conjunto de los cuerpos, unidos adquiere una determinada velocidad v .



Choque inelástico

La cantidad de movimiento antes del choque es igual a la cantidad de movimiento después del choque, por no actuar sobre el sistema fuerzas exteriores:

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = (m_1 + m_2) \cdot v$$

de donde:

$$v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} \quad (8)$$

La energía cinética antes del choque es mayor que la de después del choque, transformándose su diferencia en energía de deformación y calor.

8.3. CHOQUES NO PERFECTAMENTE ELÁSTICOS

El choque perfectamente elástico (conservación de cantidad de movimiento y de la energía cinética del sistema), queda caracterizado por la ecuación (5), de la que obtenemos:

$$v_1 - v_2 = v_1' - v_2' \quad (9)$$

$v_1 - v_2$ y $v_1' - v_2'$, representan la velocidad relativa del primer cuerpo con respecto al segundo, antes y después del choque.

En el choque perfectamente elástico se verifica que la velocidad relativa de uno de los cuerpos con respecto al otro es, antes del choque, igual y de signo contrario a la de después del choque.

8.3.1. Coeficiente de restitución

Se llama coeficiente de restitución, al cociente de tales velocidades relativas (después y antes del choque) con signo negativo.

$$c = -\frac{v_1' - v_2'}{v_1 - v_2} \quad (10)$$

En el choque perfectamente elástico (9), $c = 1$.

En el inelástico, al ser la velocidad de los dos cuerpos la misma después de realizado el choque, $c = 0$.

Entre estos dos casos límite, están los que corresponden, en general, a un choque real.

En un *choque no perfectamente elástico*, se conserva la cantidad de movimiento, pero no se conserva la energía cinética. Conocido el coeficiente de restitución, las ecuaciones (1) y (2) resuelven el problema de determinar las velocidades después del choque, conocidas las de antes de él y las masas de los cuerpos.

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v'_1 + m_2 \cdot v'_2$$

$$v'_1 - v'_2 = c (v_2 - v_1)$$

Eliminando v'_2 , de las anteriores ecuaciones, obtenemos:

$$\text{_____} \quad \text{_____} \quad (11)$$

Y por eliminación de v'_1 , se obtiene:

$$\text{_____} \quad \text{_____} \quad (12)$$

Estas ecuaciones se transforman en las (6) y (7), en cuanto $c = 1$ (choque elástico).

Haciendo $c = 0$ (choque inelástico) obtenemos la ecuación (8).

9. ANÁLISIS DE ATROPELLOS A CICLISTAS Y PEATONES

La distancia a la que un peatón ha sido proyectado por un impacto *puede ser utilizada en reconstrucción de accidentes de tráfico para proporcionar una estimación de la velocidad a la cual circulaba el vehículo que lo golpeó. En ausencia de huellas de frenada este método puede ser el único procedimiento para calcular la velocidad.*

La comprensión del proceso físico de proyección del peatón es fundamental para poder valorar la importancia que tiene considerar las características del lugar del atropello, tales como la pendiente del suelo o el coeficiente de rozamiento entre el peatón y pavimento.

En estos cálculos se representan las ecuaciones del movimiento de una partícula, idealizando el comportamiento de un peatón proyectado, que tras describir un **tiro parabólico** por el aire, se desliza sobre la superficie hasta alcanzar su posición final.

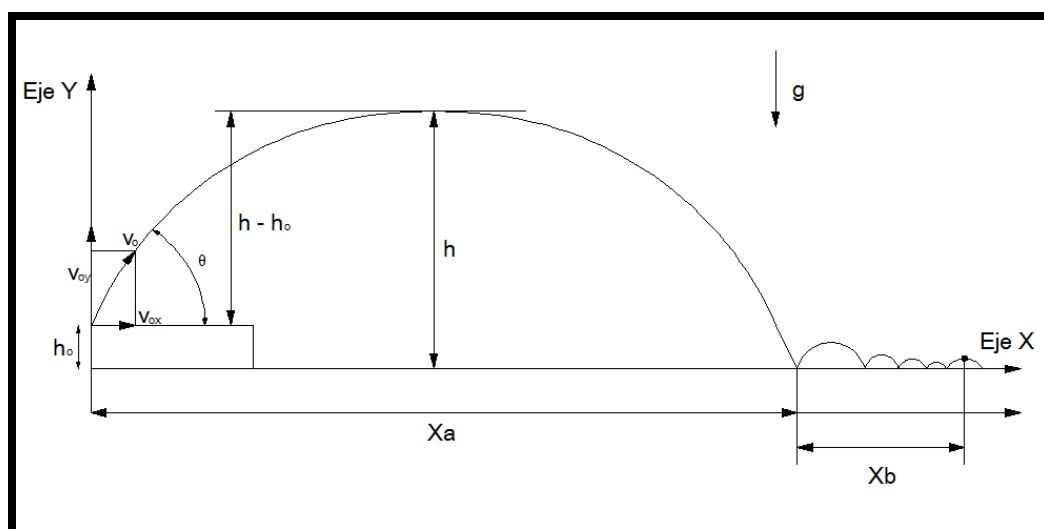
A partir de este modelo simplificado, se obtiene la ecuación que permite determinar la **velocidad mínima** a la cual ha tenido que salir despedido el peatón atropellado para llegar a alcanzar su posición final sobre el pavimento, esta velocidad como se verá es función de la distancia recorrida desde el punto del atropello (PC) hasta la posición final (PF) y del coeficiente de rozamiento (μ) entre peatón y pavimento.

La velocidad a la que realmente salió despedido el peatón será por tanto ligeramente superior a la mínima calculada y asimismo, la velocidad a la cual circulaba el vehículo que lo atropelló será también superior a la velocidad de proyección del peatón.

La comparación con los resultados de los estudios de campo establece que la velocidad del turismo en el instante del atropello es del orden de un 20% superior a la velocidad de proyección del peatón calculada por este método.

9.1. FORMULACIÓN PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTES EN ATROPELLOS DE CICLISTAS Y PEATONES

La trayectoria parabólica descrita por un cuerpo se mueve bajo la acción de la fuerza de gravedad se representa en la siguiente figura:



Movimiento de un móvil dentro del campo gravitatorio hasta su completa detención

El significado de las abreviaturas que aparecen en la figura anterior es:

g = aceleración debida a la gravedad.

- V_0 = velocidad inicial del móvil.
 2 = ángulo entre la velocidad inicial " V_0 " y la horizontal.
 V_{0x} = velocidad inicial del móvil en la dirección del eje X.
 V_{0y} = velocidad inicial del móvil en la dirección del eje Y.
 h_0 = altura inicial del centro de gravedad del móvil.
 h = máxima altura que alcanza el móvil.
 X_a = distancia horizontal (alcance) recorrida por el móvil hasta que cae al suelo.
 X_b = distancia horizontal recorrida por el móvil una vez que ha caído al suelo.

Existen dos procedimientos diferentes para determinar la velocidad del vehículo en el momento del impacto.

9.1.1. Método Haight & Eubanks basado en ensayos empíricos

Test llevados a cabo con "dummies" en los Estados Unidos en los que **el vehículo** con las ruedas bloqueadas impactaba contra el muñeco, fueron analizados por diversos autores para calcular la **velocidad en el momento del impacto** (en unidades del Sistema Internacional). Según Haight & Eubanks, de "Collision Investigation and Analysis" (San Diego, CA), la velocidad está ligada con la distancia " x " -medida desde el punto del atropello hasta la posición final- por la siguiente relación:

$$v = 2'5 \cdot \sqrt{8'4 \cdot \mu^4 + 3'27 \cdot \mu \cdot x - 8'94 \cdot \mu^2 \pm 1'2}$$

Si se quiere obtener una velocidad más realista que la obtenida de este modo, puede tenerse en cuenta el efecto del rozamiento del cuerpo con el aire para mejorar ligeramente los resultados. La desigualdad correctora (obtenida a partir de numerosos experimentos con paracaidistas realizados por el ejército de los Estados Unidos) es la siguiente:

a) Velocidades teóricas por encima de 98 km/h:

Siendo " t " el tiempo que el móvil permanece en el aire.

En la ecuación anterior las velocidades están todas expresadas en Km/h.

b) Velocidades teóricas por debajo de 98 Km/h:

9.1.2. Principios físicos y mecánicos utilizados en la reconstrucción analítica

Para averiguar aproximadamente la velocidad con que circulaba el vehículo, tenemos que seguir los siguientes pasos en un análisis de las diferentes fases del accidente.

9.1.2.1. Velocidad de proyección del peatón

El primer paso, se basa en la distancia de proyección del peatón atropellado.

a) Velocidad a través de métodos experimentales (Método de H. Appel):

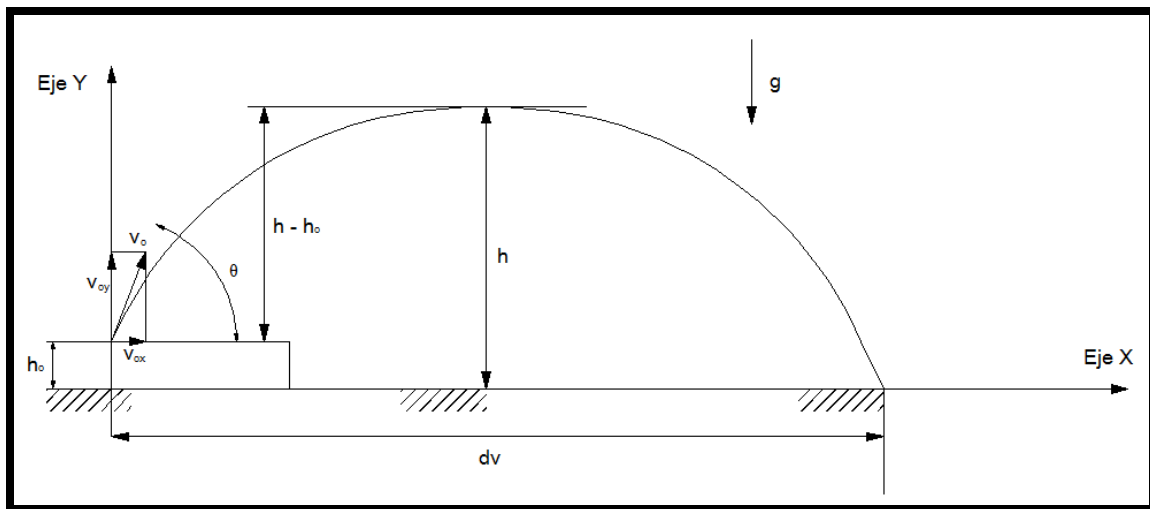
Según los ensayos empíricos realizados por Appel, la velocidad expresada en Km/h. está ligada con la distancia " d_t ", medida desde el punto de atropello hasta la posición final, teniendo en cuenta el movimiento realizado por el centro de gravedad de la persona, por las siguientes relaciones:

$$v_{\text{peatón parachoques plano}} = \sqrt{\frac{d_t}{0,084}} \quad v_{\text{peatón parachoques en V}} = \sqrt{\frac{d_t}{0,065}}$$

$$v_{\text{peatón adulto}} = \sqrt{\frac{d_t}{0,070}} \quad v_{\text{peatón niño}} = \sqrt{\frac{d_t}{0,084}}$$

d_t = distancia horizontal total a la cual es lanzado el cuerpo del peatón (la medición se realiza sobre el centro de gravedad del cuerpo).

b) Velocidad teórica debida al vuelo :



Movimiento de un móvil desde una altura h_o .

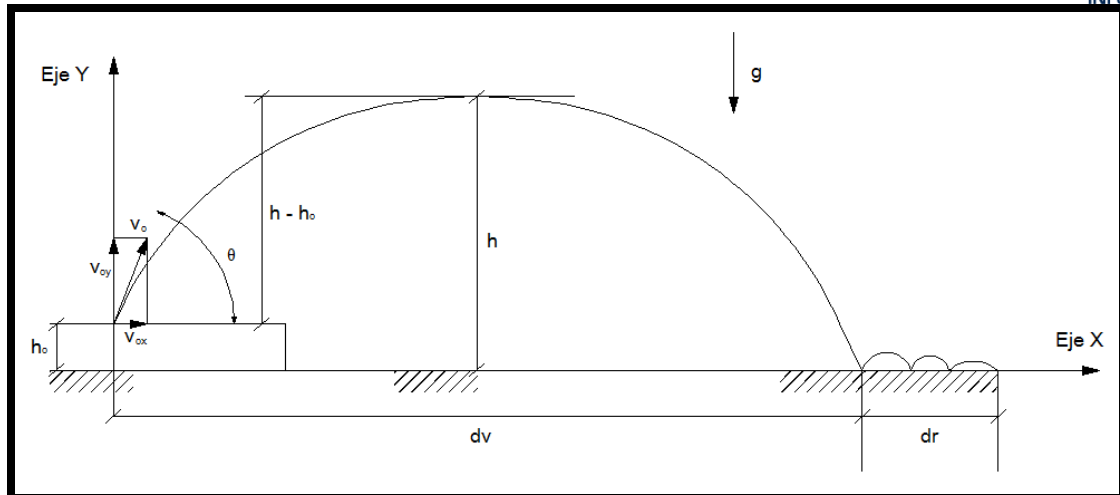
La velocidad inicial del peatón está en función de la distancia horizontal recorrida, de la altura del cdg del peatón y del ángulo de salida:

$$v_o = d_v \cdot \sqrt{g / (d_v \cdot \sin 2\theta_o) \pm 2 \cdot h_o \cdot \cos^2 \theta_o}$$

- = ángulo de salida del peatón (al ignorarse se dará un rango de posibilidades).
- = altura del centro de gravedad del peatón (según edad y estándar).
- = distancia horizontal total a la cual es lanzado el cuerpo del peatón, teniendo en cuenta únicamente la fase de vuelo.

c) Velocidad teórica debida al vuelo más el deslizamiento (Método de Searle):

Se produce el movimiento según el siguiente esquema:



Movimiento de un móvil desde una altura h_0 con deslizamiento

El peatón vuela una distancia, impacta en el suelo y, a continuación desliza hasta alcanzar su posición final. Searle realizó un estudio teórico de esta composición de movimientos y determinó una velocidad mínima de salida y otra máxima, que se pueden calcular de acuerdo con las siguientes igualdades:

$$v_{\text{mínima}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \mu \cdot g \cdot d_t}{1 + \mu^2}}$$

$$v_{\text{mínima}} = \sqrt{2 \cdot \mu \cdot g \cdot d_t}$$

En este caso, d_t es la distancia de vuelo más la de deslizamiento del peatón.

9.1.2.2. Velocidad del vehículo en el momento del impacto

Las pruebas de campo realizadas por Searle con “dummies”, determinaron que la velocidad mínima del vehículo que realiza el atropello es aproximadamente un 20% superior a la velocidad mínima determinada para la proyección del peatón en el caso de personas adultas y un 10% en el caso de los niños, por tanto estos datos empíricos justifican que para determinar la velocidad del vehículo se tenga en cuenta este incremento.

$$v_{\text{vehículo al atropellar un adulto}} = v_{\text{mínima peatón al ser atropellado}} + 20\%$$

$$v_{\text{vehículo al atropellar un niño}} = v_{\text{mínima peatón al ser atropellado}} + 10\%$$

CAPÍTULO X: INVESTIGACIÓN TÉCNICA Y RECONSTRUCCIÓN. LA BÚSQUEDA DEL CÓMO SE PRODUJO EL ACCIDENTE

1. INFORMES PERICIALES DEL INVESTIGADOR. (SU APORTACIÓN A LA RECONSTRUCCIÓN TÉCNICA DEL ACCIDENTE)

Una de las fuentes de información a la cual puede acudir el investigador de accidente de tráfico es el informe pericial emitido en el marco de la investigación integral del siniestro. Este tipo de informe sirve para completar la información que el investigador posee en orden a determinar cómo y porque se produjo un determinado accidente y sus conclusiones aportarán, en la mayoría de los casos, datos relevantes para la propia culminación de la investigación.

1.1. EL INFORME FORENSE DE LESIONES

El médico forense intenta determinar, que tipo de lesiones presenta una persona herida en un accidente o un cadáver. Además, debe intentar casar las lesiones observadas con los objetos que las han ocasionado y con el momento de producción.

En relación al diagnostico de concordancia entre las lesiones que presenta un lesionado y el lugar que ocupaba en el vehículo, Hinojal y de la Puente registraron un protocolo para la reconstrucción médica de accidentes de tráfico (1997), cuya finalidad es la de servir de ayuda en la sistemática de recogida de datos en este tema.

Este protocolo tiene varios apartados, recogiendo los siguientes puntos:

A.- Del **accidente**, es decir, fecha, lugar, mecanismo teórico del accidente (alcance, salida de la calzada, vuelta de campana, etc.), estos datos se pueden obtener a través de los atestados o de las declaraciones de implicados, testigos u otras fuentes.

B.- De los **ocupantes** del vehículo y su situación en relación con el mismo en el instante anterior al accidente, así como tras el mismo.

Con estos datos se puede esbozar una primera explicación de los desplazamientos del conductor y ocupantes del vehículo antes del accidente, para poder tener la posición final.

C.- De los **accidentados**. Para ello, inicialmente se obtienen los datos de las lesiones de los implicados en el accidente, bien de los partes de atención en urgencias, de informes de alta hospitalaria, autopsia forense si ha fallecido, etc.

Después, se realiza si es posible, una exploración para comprobar las lesiones iniciales y su alcance, realizar medidas anatómicas y recabar cualquier otra información útil.

D.- Inspección del **vehículo**. Debe de procederse a la confirmación fehaciente del reconocimiento del vehículo, mediante la identificación de un testigo que lo acredite.

Debe mencionarse el lugar y fecha del reconocimiento e identificar convenientemente el vehículo, para asegurar que se trata del siniestrado, realizando una descripción interna y externa de los datos de interés. Es aconsejable fotografiar la placa de identificación del vehículo así como realizar fotografías del exterior e interior del mismo.

En caso de utilidad se reseñarán las medidas del vehículo original, para compararlas con las que presenta tras el siniestro.

E.- Toma de **datos y muestras**, tanto del exterior como del interior del vehículo, siempre que se estimen útiles para el estudio. Esta toma, no se separa del procedimiento forense habitual en el caso que existan daños corporales.

La toma de muestras requiere la correcta identificación de las mismas y del lugar de obtención, así como la recogida de doble muestra para posible contraanálisis.

El informe sobre la forma y el momento de producirse las lesiones en los implicados, es importante para determinar aspectos claves en la reconstrucción, tales como quien era el conductor y quien el acompañante, si el ocupante que sale despedido estaba ya muerto en el momento de ser atropellado por otro vehículo, o si una persona que sale despedida ha sufrido las lesiones al chocar contra algún objeto del vehículo o contra el suelo.

1.2. EL INFORME PSICOLÓGICO

El informe psicológico debe centrarse sobre conductores y peatones, en su caso, buscando determinar qué tipo de reacción tuvieron que afrontar en el accidente, aportando información valiosa para determinar el tiempo de reacción.

Como tiempo de reacción del conductor normal, si no disponemos de datos experimentales sobre la persona en concreto, tomaremos entre 0,75 y 1 segundo, teniendo en cuenta las circunstancias meteorológicas y la hora del día. Y si concurren en el conductor circunstancias anómalas (edad, cansancio, sueño,...) que impidieran calificarlo como normal, entonces hay que valorar en que tramo del intervalo entre 0,4 a 2 segundos se encuentra. En todo caso la mejor solución sería contar con un informe pericial psicológico de los conductores implicados en un accidente que determine su tiempo de reacción ante una situación análoga a la que determinó que se produjera el referido accidente.

1.3. EL INFORME MÉDICO SOBRE HISTORIAL DE ENFERMEDADES

Debemos ser conscientes de las dificultades jurídicas que existen, en la actualidad, para acceder a los datos médicos de una persona. En el curso de un procedimiento judicial puede accederse al historial médico de una persona a través del correspondiente mandato judicial, limitándose a aquellos datos realmente necesarios para el supuesto que se investiga. En todo caso, se debería poder acceder a los datos que obran en los expedientes de los Centros de Reconocimiento Médico y Psicológico en el que consiguieron sus certificados los conductores de los vehículos implicados.

Los defectos y patologías en la vista tienen una gran importancia para la reconstrucción del accidente, ya que, por ejemplo, si una persona con un alto índice de miopía no hacía uso de las lentes correctoras en el momento de producirse el accidente su punto de percepción posible varía considerablemente con respecto a una persona con una vista normal. Otro tanto puede decirse de los defectos del oído, sobre todo en el supuesto de peatones, ya que la mayoría de los estudios indican que el sentido que más alerta a un peatón sobre la existencia de una situación peligrosa, es el sonido que produce un vehículo.

1.4. EL INFORME SOBRE EL FUNCIONAMIENTO MECÁNICO DEL AUTOMÓVIL

En determinados casos, es necesario recurrir a un informe pericial que investigue en profundidad los vehículos implicados en un accidente de tráfico.

Las Fuerzas de Seguridad pueden acudir a las Inspecciones Técnicas de Vehículos para que se determine el estado de algunos sistemas (como el de los frenos y su porcentaje de eficacia) a la hora de determinar parámetros necesarios en la reconstrucción del accidente.

También se puede acudir a peritos privados para ello, pero si no ha sido solicitado por las partes en un procedimiento, solo podrá realizarse previa resolución del Juez competente.

Una posibilidad a la que se acude con relativa frecuencia es solicitar este tipo de peritajes cuando alguno de los conductores aduce en su manifestación que el vehículo ha fallado.

1.5. EL INFORME SOBRE LA CONFIGURACIÓN DE LA VÍA

Generalmente no se acude a personal experto en la construcción de las vías para que determinen cuales son los parámetros que presenta un determinado tramo. Sin embargo esta materia, aporta información y datos completamente necesarios para la realización de la reconstrucción técnica del accidente, tales como:

- **Pendiente.** Necesaria para determinar el coeficiente de rozamiento. .
- **Curvas y peraltes.-** El peralte de una curva es un parámetro necesario para el estudio de la velocidad crítica a la cual un vehículo puede negociar una curva.
- **Visibilidad en planta y en perfil.** Al objeto de poder realizar los correspondiente cálculos de velocidad y de evitabilidad.

En todos los supuestos de accidentes de tráfico en tramos en obras, se debería solicitar un informe de la Administración competente sobre la situación de la señalización y los incumplimientos de la empresa contratista.

1.6. EL INFORME DE GABINETES O LABORATORIOS CIENTÍFICOS

Previa autorización judicial, determinados efectos, evidencias y muestras, tales como lámparas, grasas, piezas del vehículo, materias orgánicas, ropas u otras, pueden ser objeto de análisis científico-técnico, que se trata en el siguiente capítulo.

2. PERITAJES DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS

Un accidente de tráfico, especialmente en el caso de una colisión, deja en el lugar de ocurrencia una serie de restos debidos a la acumulación de fragmentos de vehículos, escombros, polvo y otros materiales.

Con frecuencia, es necesario recoger este tipo de muestras para remitirlas a un laboratorio oficial, bien de las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad u otros organismos públicos, o a un laboratorio privado, si fuera necesario. Para realizar la recogida y envío de estas muestras correctamente y de forma legal, deben tenerse en cuenta las siguientes reglas y precauciones:

2.1. RECOGIDA DE MUESTRAS Y EVIDENCIAS

El primer paso para la recogida de cualquier muestra consiste en registrar la localización de los restos y situarlos por medio de fotografías y en el croquis. Se deberá cumplimentar una hoja de toma de Evidencias/Muestras, que acompañará a las muestras recogidas cuando se efectué una petición de informe pericial.

A continuación se detallan algunas precauciones específicas según el tipo concreto de muestra o evidencia a recoger:

A. LÁMPARAS.

Debe observarse cómo se encuentran los interruptores de luces del vehículo sin accionarlos y preguntar al conductor qué tipo de señalización o alumbrado hacía uso en el momento del accidente. A continuación, se realizará una o varias fotografías de detalle de la zona, con y sin lámparas, que se remitirán al laboratorio correspondiente.

B. PARTES Y PIEZAS DE VEHÍCULOS.

A veces es necesario determinar a qué vehículo pertenece una determinada pieza o parte de un vehículo, un fluido, restos de pintura o unos fragmentos de cristal.

Esta investigación tiene una especial relevancia en los casos de accidentes con fuga, en los que se deberá profundizar sobre las siguientes materias:

a) Pintura

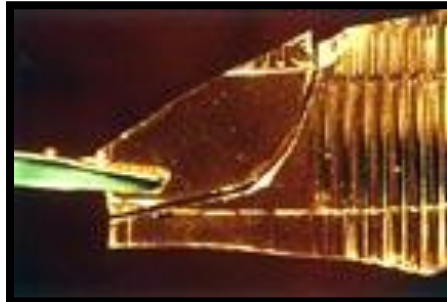
Los vehículos tienen varias capas de pintura, base, aceites, etc., además hay que tener en cuenta que un vehículo puede ser pintado más de una vez, por tanto los restos de pintura que quedan en el lugar del accidente, al microscopio tendrán una forma de láminas superpuestas con las distintas capas que componen la muestra. Para obtener una parte de pintura para analizarla, no se podrá raspar con ningún objeto, sino que se tratará de obtener alguna costra del vehículo sospechoso (muestra indubitada), que junto con la muestra recogida en el lugar del accidente (muestra dubitada), se enviará para su estudio.

b) Cristales

La primera labor, es recoger en el lugar del accidente las piezas de mayor tamaño que sean homogéneas en su color y disposición. El segundo paso consiste en determinar a qué pieza pertenece el cristal (faros, intermitentes, parabrisas, cristal lateral, espejo...). Se remitirá de forma independiente el conjunto de cristales pertenecientes a cada pieza concreta.

Si existiese algún vehículo sospechoso, se comprobará antes de remitir, si en la parte dañada pueden encajar, las partes o piezas encontradas en el lugar de los hechos. En todo caso, se remitirán sin mezclar, los cristales recogidos en el lugar de los hechos (muestra

dubitada), junto con la pieza incompleta de cristal que presente el vehículo sospechoso (muestra indubitada) para que el laboratorio las coteje.



Recogida y estudio de cristales

C. FLUIDOS PROCEDENTES DE LOS VEHÍCULOS.

A veces y por la violencia de la colisión, se vierten los fluidos procedentes de los vehículos sobre la carretera.



Fluidos procedentes del vehículo

La gasolina vertida ha de ser examinada rápidamente por su rápida evaporación, el agua se secará al cabo de unas pocas horas y el aceite o las grasas permanecerán en el sitio unos cuantos días, particularmente cuando reblandecen el ligante de los pavimentos flexibles.

En el caso de los aceites, se tiene que comprobar su fluidez y de qué tipo son, localizando a qué parte del vehículo pertenecen.

Una vez localizada su procedencia, se coge una muestra de la grasa del vehículo, introduciéndola en un tubo de ensayo o recipiente limpio, efectuando la misma operación con la prueba obtenida en el lugar de los hechos. Ambos recipientes, convenientemente marcados se remiten para su estudio, haciendo mención a cuál es la muestra y cuál es la «prueba».

D. MATERIAS ORGÁNICAS Y ROPAS.

La Policía Judicial y el médico forense son los encargados de recoger las muestras de sangre que puedan encontrarse en la escena de un crimen, accidente de tráfico.

a) Muestra de sangre seca

Si el elemento ensangrentado es pequeño, se empaquetará en una bolsa de papel o sobre. Si es grande o no es fácilmente transportable, se pueden utilizar las siguientes técnicas para recoger las muestras de sangre. Si es posible, el investigador debería también recoger muestras de las áreas manchadas del elemento para control negativo.

1. Corte la porción del objeto con la mancha de sangre y otra parte que no tenga sangre, para control negativo, empaquetando cada parte en sobres separados.

2. Impregnar los restos de sangre en una cinta adhesiva para trasplante de huellas digitales y situarla en un soporte de acetato de vinilo (no utilice papel, porque este haría difícil la manipulación de la muestra durante el análisis).
3. Raspado de la mancha en un paquete de papel con un instrumento afilado y limpio.
4. Absorber la mancha en tiras de algodón humedecido, utilizando agua destilada para humedecerlas y unas pinzas. Ponga las tiras en un lugar seguro y deje secar con aire seco. Después empaquete las tiras en paquetes de papel e introducir en un sobre.

b) Muestra de sangre húmeda

Si el objeto es pequeño y transportable, empaquetar en una bolsa de papel o de plástico, y en una localización segura dejar secar la evidencia en aire seco y empaquetar.

Si el objeto es grande o no es fácilmente transportable, entonces debe absorber la mancha en un cuadrado de algodón como se ha detallado anteriormente, dejándolo secar posteriormente en un lugar seguro a través de aire seco. Si es posible, se deben recoger también muestras de áreas del objeto no manchadas, para control negativo.

El estudio del ADN permite la identificación directa de la persona a la que pertenece una muestra, si se dispone de su material genético. Los tipos de análisis de ADN que se pueden realizar en el Laboratorio de ADN son los siguientes:

- *ADN nuclear* (permite la plena identificación).
- *ADN mitocondrial* (establece un tronco familiar vía materna).
- *Cromosoma “Y”* (establece un tronco familiar vía paterna).

El ADN adecuado para los análisis se encuentra en muchos tipos de muestras, como en la sangre, saliva (en ella se hallan células de la piel de la boca y leucocitos) y pelos, que si disponen del bulbo (arrancados) podrá realizarse el análisis nuclear y si únicamente tienen tallo (cortados), sólo podrá realizarse el análisis mitocondrial.

2.2. REMISIÓN DE MUESTRAS Y EVIDENCIAS

Antes de remitir las evidencias recogidas, deben empaquetarse y etiquetarse debidamente, identificando individualmente cada una de ellas, el lugar donde se recogió, la persona que lo hizo y las diligencias policiales y judiciales en curso.

Se deben tener en cuenta las siguientes normas específicas para cada una de las evidencias que a continuación se detallan:

A. LÁMPARAS.

Cuando se retiren del vehículo las lámparas que sean de interés, las empaquetaremos separadamente en recipientes adecuados. El mejor medio de empaquetamiento, consiste en colocar la lámpara en el interior de una caja de plástico en la que previamente se haya introducido una esponja con un orificio suficiente para el casquillo. La caja debe cerrarse perfectamente para evitar que se pierda algún fragmento de filamento en el transporte.

B. PARTES Y PIEZAS DE VEHÍCULOS.

En caso de *atropello a peatones*, si existe transferencia de fibras de las prendas de la víctima al vehículo, se deben remitir las piezas implicadas asegurando las fibras con una tira adhesiva sobre ellas o retirándolas con pinzas de precisión.

En el caso de pinturas, los sustratos de donde se recogen las pinturas (como prendas de ropa), se deben remitir en bolsas independientes.

El interés de remitir al laboratorio los objetos completos donde aparece la pintura, siempre que sea posible, es el evitar mezclar las diferentes capas de la misma.

Además, es necesario remitir información adicional sobre las muestras: identificación del vehículo, indicación o fotografía del punto de extracción, el tipo de muestra (conocida, recuperada, sustrato...), el contenido, así como si existe alguna peculiaridad en la pintura. En el caso de los vidrios y cristales se procederá de forma análoga a la anterior. Se empaquetará por separado la muestra indubitada, si se posee, de la muestra dubitada. En el supuesto que solo se posea la muestra dubitada, se remitirá para ver si se puede determinar el fabricante y los modelos que lo utilizan.

C. FLUIDOS PROCEDENTES DE LOS VEHÍCULOS.

Si la cantidad de líquido es grande, se puede introducir cierta cantidad preferentemente en un bote de cristal, porque si ha existido derramamiento de ácidos y se introduce en un recipiente de plástico puede quemarse. Si la cantidad es pequeña, es mejor recoger una muestra con una tira de algodón.

D. MATERIAS ORGÁNICAS Y ROPAS.

En el caso de las materias orgánicas, si ya la recogida es complicada, aun lo es más su conservación y traslado. Los análisis de ADN, han aumentado las exigencias en esta materia, requiriendo de un material de recogida y empaquetamiento específico.

Las muestras en forma líquida o semilíquida, se han de introducir en tubos de ensayo de cristal y conservar entre 4º y 8º, efectuando su traslado preferentemente en 12 horas.

Todas las muestras para el análisis de ADN extraídas directamente de una persona, deben conservarse a una temperatura de 4ºC, utilizando frigoríficos portátiles para su transporte hasta el laboratorio, que deberá efectuarse lo antes posible para evitar degradaciones que dificulten los análisis posteriores. También se admiten las muestras congeladas, siempre que se entreguen en este estado.

Para el almacenamiento de cualquier otro tipo de muestras que puedan servir para el análisis del ADN, como prendas de ropa, se empaquetarán por separado y se enfriarán o congelarán antes de enviarlas al laboratorio, evitando la humedad y el calor, para lo que se dejarán secar al aire, procediendo una vez empaquetadas a su precinto.

2.3. CURSO DEL INFORME. LAS CONCLUSIONES

Las evidencias y muestras remitidas a un laboratorio deben respetar la cadena de custodia, al objeto de evitar manipulaciones.

Por este motivo, se debe identificar todo el personal que manipule las muestras, anotando el tipo de actuación realizada (recogida, transporte, análisis...).

La principal utilidad de estos informes periciales o cuasi periciales emitidos por laboratorios científicos, es servir para corroborar o descartar una hipótesis planteada por el investigador, extrayendo conclusiones finales sobre las causas del accidente.

3. INFORMES DE PERITOS EN RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁFICO

Se puede afirmar, que la reconstrucción del accidente de tráfico es una fase eminentemente técnica, incardinada en el proceso intelectual de la investigación, que se articula elaborando una teoría contrastada con los datos materiales disponibles, que explica secuencialmente el desarrollo espacio-temporal de los hechos, para todas las unidades de tráfico y personas participantes, de acuerdo con las leyes físicas y mediante modelos matemáticos corregidos experimentalmente para minimizar el error cometido.

Su elemento más importante es la cantidad y calidad de la información recogida en la escena de los hechos y en el que es necesario la realización de diferentes pruebas, utilizando aparatos de medición para determinar los parámetros a utilizar en la reconstrucción, como el factor de arrastre (drag factor), la deceleración del vehículo, el tiempo de reacción del conductor o el centro de gravedad y características técnicas del vehículo concreto.

3.1. PERITOS EN RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁFICO.

Es necesario partir de una premisa básica, la reconstrucción técnica y con mayor razón la investigación de accidentes de tráfico, son materias multidisciplinarias que no se corresponden en exclusiva con una parcela clásica de división del conocimiento. El perito en esta materia, requiere la formación en todas y cada una de las facetas y factores implicados en el accidente de tráfico como fenómeno complejo.

Este trabajo, que ha visto la luz gracias al esfuerzo de profesionales de la Ingeniería, Psicología, Medicina, Informática o Criminología y que desarrollan su tarea en la Universidad, Fuerzas y Cuerpos de Seguridad, Administración Pública o empresas privadas, es una contribución a esta idea de formar investigadores en accidentes de tráfico, de una forma integral e integrada.

3.2. PERSPECTIVA JURÍDICA DEL INFORME PERICIAL

Es necesario tener en cuenta, que la actividad pericial y la investigación de un accidente de tráfico tienen como principal finalidad establecer las responsabilidades jurídicas de cada una de las personas involucradas.

A) PERITO

El Tribunal Constitucional, en su Sentencia núm. 13/1992, dice que en la prueba pericial, lo que el perito aporta al juzgador no son los hechos, sino sus conocimientos técnicos o artísticos sobre los mismos que puedan resultar necesarios para su correcta apreciación.

El perito, por tanto, es auxiliar del Juez en tanto su participación en las actuaciones judiciales, sirve para que el juez pueda llegar a conocer lo sucedido tomando en consideración las máximas de su ciencia o arte.

El concepto de peritos en sentido procesal no debe ligarse al de técnicos, sino que debe hacerse depender de su relación con los datos procesales, teniendo los derechos y deberes recogidos en la LECrim. Ello ayuda a construir mejor un concepto unitario del perito y a su diferenciación con el testigo.

B) CONTENIDO DEL INFORME

Como requisitos mínimos del informe pericial, el artículo 478 de la LECrim., establece que si fuere posible, comprenderá lo siguiente:

1. Descripción de la persona o cosa objeto del mismo, estado o modo en que se halle.

2. Relación detallada de todas las operaciones practicadas por los peritos y su resultado.
3. Las conclusiones que en vista de tales datos formulen los peritos, conforme a los principios y reglas de su ciencia o arte.

C) VALORACIÓN DEL INFORME PERICIAL

En la apreciación de esta prueba, el juez tiene en cuenta que “La competencia del perito, los principios científicos en que se funda y la concordancia tanto interna como externa del dictamen y de la prueba en general, el pliego de interrogatorio preliminar, el control de la pericia y la crítica de la misma hecha por la parte, serán elementos valiosos e irremplazables.”

La responsabilidad del perito designado judicialmente, auxiliar de la Justicia, hacia las partes del juicio es extra contractual porque no existen vínculos previos entre ellos. En cambio la responsabilidad del perito privado o consultor técnico, que no es auxiliar de la Justicia sino de parte, es una responsabilidad contractual porque existe un acuerdo entre ambos.

3.3. ERRORES QUE HABITUALMENTE SE COMETEN EN EL EJERCICIO DE LA ACTIVIDAD PERICIAL

Se relaciona a continuación, una serie de errores detectados con cierta frecuencia en los informes sobre reconstrucción emitidos por peritos al margen de la investigación oficial sobre un determinado accidente de tráfico (Iglesias, 2004):

- a) Utilización de coeficientes de rozamiento que se salen de rango.
- b) Cálculo incorrecto de la velocidad de un vehículo justo antes de comenzar a frenar aplicando el Principio de Conservación de la Energía.
- c) Defectuosa aplicación del Principio de Conservación de la Energía en colisiones.
- d) Determinación de la dirección de la fuerza principal de impacto en una colisión a partir de fotografías (no cenitales) de las deformaciones de los vehículos.
- e) Consideraciones acerca de la buena visibilidad de un conductor en un tramo determinado sin ninguna fundamentación técnica objetiva que la justifique.
- f) Utilización del tiempo de respuesta del sistema de frenado como medio para justificar una velocidad de un vehículo antes de frenar, más elevada de la real.
- g) Utilización de velocidades de peatones anormalmente bajas que permiten determinar tiempos excesivos de recorrido hasta alcanzar el punto de atropello.
- h) Determinación subjetiva de valores elevados de tiempos de percepción-reacción de los conductores sin justificación alguna.
- i) Establecimiento de conclusiones acerca de la regulación semafórica en un tramo urbano sin tener en cuenta el desfase de los distintos reguladores semafóricos.

4. HIPÓTESIS SOBRE CÓMO SE PRODUJO EL ACCIDENTE

4.1. INTRODUCCIÓN

La hipótesis representa la primera fase indispensable del método y puede definirse como una proposición cuya verdad o validez no se cuestiona *ab initio*, en un primer momento, sino que permite iniciar una cadena de razonamientos que, desde luego y de manera indiscutible, posteriormente deben ser adecuadamente verificados, recordando que *los hechos no deben adaptarse a una hipótesis, sino, al contrario, la hipótesis a los hechos*.

El planteamiento de hipótesis llevará a la formulación de éstas con el objeto de dar respuesta a las cuestiones del problema ya anunciado, el accidente de circulación.

Es conveniente probar primero las **hipótesis más sencillas** (las que buscan el *cómo*, generalmente de contenido altamente objetivo), pues ello acelera y despeja el proceso y ayuda a probar **hipótesis más complejas**, como aquellas que investigan el *porqué*, en las que intervienen de forma preponderante la *toma de decisiones del factor humano*.

4.2. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

A. NÚMERO DE HIPÓTESIS.

Si partimos del hecho de que lo que buscamos es la forma o tipología del accidente, en su acepción más completa, el número de hipótesis a plantear, en un número elevado de ocasiones van a ser, una (la primera) o dos (la segunda o la tercera), de las siguientes:

- a. En una primera aproximación y tras la primera observación del accidente, el planteamiento de hipótesis, nos llevará plantear aquella directamente relacionada con respecto a un tipo determinado de la tipología del accidente.
- b. Las dudas razonables que puedan surgir, nos puede aconsejar que planteemos la posibilidad de que sea un tipo de accidente distinto al inicialmente considerado, pero igualmente determinado y concreto dentro de la tipología conocida.
- c. En último caso, de no encajar en ningún caso concreto de la tipología del accidente, nos llevará al encuadramiento en el apartado de **Otros** (simples o complejos), referido evidentemente a la clase o tipo de accidente indeterminado o mejor dicho poco o menos usual (incendio, explosiones, caída de usuario a la calzada, etc.).

B. EN LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO.

A la hora del planteamiento de hipótesis sobre el *cómo* se produjo el accidente, se han de tener en cuenta, de forma conjunta, al menos las siguientes cuestiones:

- **Plantear las características del tramo de vía escenario del accidente (urbana, interurbana, cruce, curva, recta, cambio rasante, etc.)**

A la llegada al lugar del accidente e iniciadas las actividades contenidas en el protocolo de intervención, el investigador debe saber que una de las primeras cuestiones es conocer, con profusión de detalles, qué características reúne el tramo de vía que constituye el escenario de los hechos y su posible modificación por las condiciones externas (*Environment*), para alcanzar una adecuada formulación de la hipótesis del accidente.

- **Examinar las trayectorias pre y postcolisión.**

Identificadas las características del lugar, resultará de fundamental importancia para la formulación de hipótesis, localizar e interpretar correctamente los vestigios que se observen en el tramo previo a la colisión, en el punto de ésta y en el desarrollo posterior a la misma.

- **Observar los daños.**

Probablemente la observación directa sobre los daños de los vehículos sea una de las fuentes más determinantes a la hora de plantear una hipótesis sobre la tipología del accidente, y ello es así precisamente, por la nítida correspondencia inicial que existe entre la parte o zona afectada del vehículo con la clase o tipología del accidente.

Pero no hemos de olvidar que no nos bastará el examen aislado de los daños de los vehículos, sino que deberemos realizar una apreciación de correspondencia entre ellos.

- **Analizar las manifestaciones y testimonios de conductores, peatones, usuarios, testigos y otros participantes, para identificar los hechos.**

Es evidente la importancia que siempre han tenido las manifestaciones de las personas implicadas en las resoluciones de los accidentes de tráfico y por tanto la deben seguir manteniendo también en esta particular faceta, es decir, en la consideración de las hipótesis sobre el cómo se produjo el accidente objeto de estudio.

C. EN LA INVESTIGACIÓN DE GABINETE.

Puede ser que una vez en el gabinete, surjan nuevas consideraciones con respecto a la solución de hipótesis en general y a las que buscan el cómo en particular.

- **Considerar aquellas hipótesis que surgen de la puesta en práctica de cálculos físico-matemáticos o programas informáticos de reconstrucción.**

Estando el investigador en el gabinete, con toda la información que ha sido capaz de recabar, se inician los trabajos de análisis de la misma y la aplicación de cálculos físico-matemáticos y nuevas tecnologías, fruto de las cuales pueden surgir nuevos planteamientos y por tanto nuevas hipótesis, en el cómo y también en las que buscan el porqué.

4.3. JUSTIFICACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

A. EN LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO.

Generalmente es en la investigación de campo donde el investigador efectuará la recogida de datos eminentemente objetivos, con que razonar y justificar las hipótesis planteadas.

Estas actividades, pueden ser, a modo de ejemplo, alguna de las siguientes:

- **Por la confrontación del tipo de accidente averiguado y el tramo de vía escenario de los hechos, como pueden ser elementos rígidos del entorno.**

Se deben recoger cuantas evidencias puedan demostrar de forma objetiva, mediante su confrontación, que las huellas y vestigios localizados en el lugar se corresponden con el vehículo o peatón implicado, así como con las características propias de la tipología del accidente apuntada en la hipótesis planteada.

- **Por la observación-confrontación entre unidades de tráfico y/o elementos análogos.**

Por la confrontación de las lesiones, así como de los daños de los vehículos, con los correspondientes a otros vehículos implicados en el accidente, podremos confirmar y por tanto justificar, que unos y otros se corresponden de manera natural y razonable.

- **Por las manifestaciones de conductores, testigos y otros participantes.**

Aquí se pretende la recogida de evidencias, en este caso testificales, de correspondencia entre lo manifestado y la hipótesis planteada.

B. EN LA INVESTIGACIÓN DE GABINETE.

Para la justificación en gabinete de las hipótesis planteadas, se pueden utilizar algunos de los procedimientos que a continuación se exponen.

- ***Cálculos físico-matemáticos.***

Fundamentalmente para el cálculo de velocidades en cualquier momento de la Teoría de la Evolución de Accidentes.

- ***El empleo de programas informáticos de reconstrucción de accidentes.***

Donde además del resultado de velocidades, comprobar el comportamiento dinámico vehicular en la interacción entre vehículos y personas.

- ***El resultado o conclusiones de informes periciales practicados.***

Conclusiones técnicas que pueden aportar el conocimiento sobre el comportamiento de un determinado órgano de un vehículo.

4.4. CONCLUSIÓN

Resumiendo, podemos definir a la hipótesis planteada sobre el *cómo* se produjo el accidente, como una hipótesis sencilla que busca la tipología en su forma más amplia, basada en una información fundamentalmente objetiva, sobre la que se tienen bastantes posibilidades de alcanzar el éxito y que constituye el escalón previo e imprescindible para iniciar, ahora sí, la actividad de búsqueda de la solución a la hipótesis del *porque* se produjo el siniestro.

5. CÁLCULOS DE FÍSICA Y DINÁMICA Y PROGRAMAS INFORMÁTICOS DE RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁFICO

5.1. CÁLCULOS ANALÍTICOS DE FÍSICA Y DINÁMICA

Para determinar las velocidades iniciales y la posterior evolución de los vehículos implicados en un accidente de tráfico se necesita recurrir a los conocimientos que proporciona la física, con un importante aderezo de la psicología del tráfico, la ingeniería del automóvil y la ingeniería civil. Uno de los métodos utilizados para alcanzar estos resultados, consiste en emplear, conjunta y simultáneamente los principios generales de la mecánica: las leyes de Newton, el Principio de Conservación de la Cantidad de Movimiento, el Principio de Conservación de la Energía (base de la gran mayoría de las técnicas utilizadas en reconstrucción de accidentes), y en ocasiones, el Principio de Conservación del Momento Angular. Además, puntualmente debe aplicarse la cinemática para conseguir relacionar el espacio, el tiempo y la velocidad de cada unidad de tráfico involucrada en el siniestro.

La traducción práctica es la posibilidad de determinar la velocidad inicial a partir de los resultados finales del accidente (posición final de los vehículos implicados, huellas y marcas sobre la vía, daños en vehículos, personas y otros elementos, etc.) lo que constituye en buena lógica una reconstrucción de dicho evento. Por el contrario, también es posible realizar el estudio inverso en el que a partir de unas variables introducidas por el investigador se pretende llegar a los resultados finales observados, denominándose en este caso el método como simulación del accidente.

Los comienzos en la determinación de la velocidad perdida en una colisión a partir de las deformaciones residuales tuvieron lugar hacia 1974 a partir de estudios sobre colisiones frontales realizados en Estados Unidos por Campbell para General Motors. Esta teoría fue posteriormente utilizada por McHenry para conseguir un algoritmo de cálculo denominado CRASH, que patrocinado por la NHTSA se convirtió en uno de los primeros programas informáticos de reconstrucción de accidentes de tráfico (Campbell, 1974; McHenry, 1981).

5.2. PROGRAMAS INFORMÁTICOS DE RECONSTRUCCIÓN.

Con respecto a los programas informáticos, hemos de considerar lo siguiente:

- 1.- Un programa de ordenador nunca puede ser la solución absoluta, ya que el resultado conseguido dependerá de la calidad y cantidad de los datos disponibles (inputs).
- 2.- La mayoría de los programas pretenden ser una herramienta más de apoyo en la investigación de accidentes.
- 3.- El resultado más relevante de la generalidad de los programas, no el único, viene expresado en el cálculo de la velocidad inicial del móvil.
- 4.- Las particulares limitaciones de los programas, con respecto a la casuística de los accidentes, en algunas ocasiones los convierten en complementarios unos de otros.
- 5.- A mayores prestaciones del programa, -ampliación de la casuística para la que es útil-, se corresponde una mayor complejidad del mismo.
- 6.- No es aconsejable su utilización sin:
 - A.- Tener buenos conocimientos de los fundamentos físicos.
 - B.- Conocer las simplificaciones y restricciones del programa y su hoja de cálculo".
 - C.- Poseer experiencia en la investigación de accidentes.

Si entramos en el detalle de la naturaleza de los programas de análisis sofisticado y atendiendo a las específicas aplicaciones de cada uno de ellos tenemos los siguientes tipos:

- a) Análisis general.
- b) Dinámica del vehículo.
- c) Dinámica de la colisión.
- d) Biodinámica o dinámica de los seres humanos.
- e) Fotogrametría.

A) ANÁLISIS GENERAL.

Estos programas no son más que hojas de cálculo, con un mayor o menor grado de sofisticación. Los cálculos realizados son los derivados de las leyes generales de la física. La ventaja del uso de estos programas reside en la rapidez de obtención de resultados, así como la evitación de errores simples a la hora de realizar las operaciones matemáticas.

Como ejemplos de este tipo de programas se pueden citar el COMPUTE-A-CRASH, el ARC, el A-I-CALC, el CARS, el COLLIDE, el CAR y el RECONSTRUCTOR 98.

B) DINÁMICA DEL VEHÍCULO.

Estos programas son utilizados para estudiar la respuesta de un vehículo a los esfuerzos realizados por el conductor para frenar, acelerar y girar la dirección en uno u otro sentido. Son bastante útiles para ilustrar cual será la respuesta durante un giro brusco de volante o durante una maniobra de cambio de trayectoria. Por este motivo, la finalidad principal de estos programas es estudiar y reproducir los efectos que una determinada maniobra evasiva tiene en el comportamiento de un vehículo. Además de la precolisión, también pueden ser utilizados para estudiar la fase postimpacto, teniendo en cuenta además que los vehículos pueden realizar una deceleración no uniforme causada por las rotaciones. Tienen en común con los programas de análisis general, que cumplen con las leyes de la física, pero además se tienen en cuenta principios de ingeniería generalmente aceptados.

En la aplicación de este tipo de programas hay que tener en cuenta que son programas de simulación, representan lo que físicamente puede ser y lo que no puede ser, pero no ofrecen soluciones únicas, y además, el modelo de neumático de la mayoría de los programas de simulación dinámica de un vehículo no está suficientemente desarrollado, al no tener en cuenta la complejidad de las fuerzas intervinientes o la influencia de neumáticos desinflados.

Entre este tipo de programas podemos citar el PHASE 4, el TBST/TBSTT, el AUTOSIM, el CARSIM, el SMAC, el VTS, el HVOSM, el EDVDS o el ADAMS

C) DINÁMICA DE LA COLISIÓN.

Los programas que estudian la dinámica de la colisión son usados para el análisis de los accidentes que incluyen colisiones entre vehículos o de vehículos con objetos (árbol, barrera, farola...). Estos programas se centran en la fase de colisión.

Existen tres tipos de métodos de analizar los fenómenos físicos y dinámicos que ocurren en un choque. De menor a mayor complejidad tenemos:

- Por coeficientes.
- Por procedimientos intermedios.
- Por incrementos finitos.

El punto de partida de los programas que trabajan con coeficientes fue encontrar una relación lineal entre el daño final observable en vehículos que habían colisionado previamente y las velocidades a las cuales impactaron. Estos coeficientes no se determinaron para cada vehículo en concreto, sino que se distribuyeron los diferentes vehículos en categorías que tenían los mismos coeficientes de rigidez.

Casi todos los programas que utilizan coeficientes asumen que el terreno tiene una configuración horizontal, o simplemente son modelos en dos dimensiones. Los efectos de las transferencias de cargas y la influencia de la suspensión en la colisión son ignorados. Estas simplificaciones producen que estos programas sean más fiables cuando son utilizados en regímenes de fricción bajos.

La gran ventaja que ofrecen, es la rapidez con que llevan a cabo los cálculos, que permite un análisis interactivo de todas las circunstancias del accidente hasta que se llega a una solución aceptable. Una utilidad positiva de este tipo de programas es realizar comprobaciones de hipótesis con el objetivo de descartarlas o corroborarlas.

Algunos programas que se pueden citar en ese apartado son el CRASH, el SMAC, el CRASHEX, el WINSMAC, el IMPAC, el EES-ARM, el PC-CRASH o el SINRAT.

El abandono de la relación lineal entre la deformación final y la velocidad de impacto a través de coeficientes tenía serios inconvenientes: primero, la complejidad de los modelos físico-matemáticos a utilizar; segundo, el elevado número de cálculos a realizar para cada intervalo de tiempo durante la colisión; y tercero, la limitada rapidez de los ordenadores personales. El avance en los procesadores ha permitido el desarrollo e implementación informática de estos modelos que podemos denominar intermedios, atendiendo a su complejidad. Entre estos tenemos el SIMON y el DYMESH.

Los Modelos más avanzados de análisis de la colisión entre dos vehículos, los encontramos en vehículos con estructura de multicuerpos cuyas interacciones se calculan utilizando complejos programas matemáticos y el método de los incrementos finitos. Programas basados en estos modelos son el DYNA 3, el PALMCRASH y el ADAMS.

D) BIODINAMICA.

El objetivo principal a la hora de desarrollar estos programas es determinar cómo se producen las lesiones en los ocupantes de vehículo y peatones. Entre ellos tenemos el MADYMO, el MVMA-2D, el CVS (Crash Victim Simulator), el EDHIS y el PC-CRASH (MADYMO).

CAPÍTULO XI: TEORÍA DE LA CAUSA: PERSPECTIVAS JURÍDICA Y TÉCNICA. EL MÉTODO. LA BÚSQUEDA DEL POR QUÉ SE PRODUJO EL ACCIDENTE

1. EL MÉTODO

1.1. EL PROBLEMA

El accidente de tráfico y sus consecuencias suponen para la sociedad uno de los más acuciantes *problemas* que debe resolver, planteándose éste, inicialmente desde la perspectiva singular del accidente (conocido en algunos ámbitos, como microinvestigación), de la que se pueden derivar responsabilidades penales, civiles y/o administrativas, para a partir de la información obtenida, fundamentalmente con respecto a las *causas*, en una segunda fase y considerando el estudio global de los accidentes ocurridos en una determinada región, llegar tras el análisis de los parámetros de accidentalidad obtenidos (considerado por algunos como macroinvestigación), a adoptar las medidas preventivas y paliativas oportunas.

De lo expuesto hasta ahora, cabe obtener como primeras conclusiones que la investigación de accidentes constituye sin lugar a dudas una parcela más de la *ciencia* y que ésta necesita el empleo de un *método* para poder llegar a determinar comportamientos, condiciones, actos o negligencias que puedan constituir la *causa*, genéricamente considerada, de los accidentes.

Si damos por válido que el accidente de circulación constituye el *problema* que va a ser objeto de estudio y que este estudio pretendidamente *científico*, partiendo de los *efectos* ya producidos, aspira a conocer las *causas* del mismo, esto nos debe llevar a la necesidad, en principio, de determinar el *método* idóneo para ello.

El “*método científico*” (desde Platón y, hasta Bertrand Russell, pasando por Galileo y fundamentalmente por Kant) *aplicado* en lo que cabe, en sentido generalista, a la *investigación de accidentes de tráfico*, como estudio sistemático de la naturaleza de éste, incluye las técnicas de la observación, reglas para el razonamiento y la predicción, ideas sobre la experimentación planificada y los modos de comunicar los resultados o conclusiones.

Enfoques platónicos como la *deducción* (forma de razonamiento que consiste en partir de un principio general conocido para llegar a un principio particular desconocido), aristotélicos como la *inducción* (razonamiento que va de lo particular a lo general, de los hechos y fenómenos a las leyes, de los efectos a las causas, etc.), y de *verificación sistemática* (Galileo y Bernard Claude), se traducen en fases como *realizar* observaciones, recogida de datos, experimentos, análisis e interpretación, *formular* hipótesis, y *extraer* resultados y conclusiones, que son características de cualquier investigación y evidentemente del desarrollo del método.

1.2. HIPÓTESIS SOBRE EL PORQUÉ SE PRODUJO EL ACCIDENTE

Un “razonamiento por hipótesis” es aquel que comienza “suponiendo” la validez de una afirmación, es decir, que tiene cierta concordancia con los hechos que han acaecido y que están meridianamente claros para la razón humana, aunque tras la realización de las pericias (pruebas experimentales) oportunas o el razonamiento objetivo, pueda llegarse a la conclusión

de que es inadecuada (se descarta), o lo que es lo mismo, una hipótesis, es y debe ser *contrastable*.

Hipótesis sobre el porqué, referido a la causa del accidente.

Pero el *porqué*, es decir *la causa o causas*, se deberán a uno o varios de los factores que intervienen en el accidente, luego las hipótesis serán formuladas con las premisas anteriores y por tanto con respecto al *hombre*, a la *vía* y su entorno y al *vehículo*, en función del problema concreto objeto de estudio.

Estas hipótesis estarán originadas, fundamentalmente, en:

- La investigación a realizar como consecuencia de los *intervalos* en el *tiempo y espacio* entre las distintas posiciones de la Teoría de la Evolución del Accidente.
- Los *testimonios* de conductores, peatones, usuarios, testigos y otros participantes, para identificar *las acciones*.
- Las observaciones que con respecto a *las condiciones* de los tres factores que intervienen en el accidente, el propio investigador pueda realizar durante la práctica de la Inspección Ocular, considerada ésta en sentido amplio.
- El resultado o *conclusiones de informes periciales*, que oportunamente se hayan practicado con respecto al caso.

1.3. JUSTIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Formulada adecuadamente una hipótesis, debemos proceder a su justificación. *El proceso* debe llevarse a cabo mediante el estudio razonado y objetivo a través del contraste de los datos obtenidos de las fuentes y la experimentación, hasta corroborar la adecuación de la hipótesis, el esclarecimiento del problema y su posible resolución.

Existen ciertas premisas que la experiencia ha demostrado ser de utilidad en el establecimiento de las hipótesis y de los resultados que se basan en ellas:

- Las hipótesis no tienen *numerus clausus*, ni tienen limitación temporal dentro del proceso de investigación, si bien es conveniente que respecto de ellas se tenga en cuenta la locución latina *uti, non abuti*.
- Probar primero las hipótesis más sencillas acelera y despeja el proceso, y ayuda a probar hipótesis más complejas.
- No considerar una hipótesis como totalmente cierta.
- Realizar pruebas experimentales independientes antes de aceptar un único resultado.

Estas hipótesis pueden ser contrastadas mediante las **pruebas** obtenidas por el investigador en la inspección ocular con respecto a los tres elementos participantes del accidente, **testimonios** tomados a implicados o personas relacionadas, y a **pericias** efectuadas mediante métodos empíricos, cálculos físico-dinámicos y programas informáticos.

Como consecuencia del proceso de *justificación* de las hipótesis, con el apoyo en los *datos* de información considerados, se ha de llegar por el investigador a la *convicción* de la **aceptación** (verificación) o **descarte** (refutación) de las mismas, es decir, que se dan o no aquellos comportamientos, condiciones, actos o negligencias (*condiciones, acciones u omisiones*, según el autor), que han alcanzando la categoría de *causa* (genéricamente considerada).

Con respecto a la clasificación de las causas, si consideramos aceptable la *teoría de la causa* que aquí se ha planteado, y por tanto la preeminencia de “unas” (“*aquella sin la cual el accidente no se hubiera producido*”), sobre “otras” (*aquella que, generalmente, por sí sola no hubiera producido el accidente*, y que por tanto, normalmente, *contribuyen a modificar el*

resultado), es fácil colegir que de entre todas las anteriormente consideradas, es decir, todas aquellas que fueron *aceptadas* tras su *justificación*, al menos “una” (podrán ser varias) podrá encajar en la definición de Baker, y las “otras” habrán contribuido al accidente, coadyuvando a su producción, a su resultado o a ambas cosas a la vez.

Cabe por último, con respecto a las *causas*, matizar lo ya apuntado sobre la diferencia que existe entre la *causa* y su *efecto* (J. Borrell), y el error significativo que se puede cometer cuando no se les distingue y, erróneamente se valora como *causa* lo que en realidad es el *efecto* de la misma. *Causa* que podrá ser la *fatiga*, la *distracción*, el *comportamiento antisocial* –desprecio a las normas-, etc., y que como consecuencia de ella, la invasión de la izquierda, girar incorrectamente o no guardar el intervalo de seguridad, serán el *efecto*.

1.4. LA IMAGINACIÓN. CREATIVIDAD INTUITIVO-ARTÍSTICA DEL INVESTIGADOR

No obstante lo anteriormente expuesto, nada más lejos de la realidad sería el considerar que *el método* ha de ser considerado como el único adecuado o correcto, ni tan siquiera que aún siendo el correcto fuese un método rígido, sino todo lo contrario, el método que aquí se propone (y que parte conceptualmente del método científico) es parte de la teoría general del hombre, y en esa concepción generalista no debemos quedarnos sólo en esquemas predeterminados o estandarizados que no nos permitan avanzar o ver las cosas desde otros puntos de vista, incluso con *imaginación o intuición artística*, es decir, el investigador y analista reconstructor de accidentes tendrá en consideración el *método* y, cuando éste no dé respuesta al esclarecimiento o resolución del problema, o aun cuando sí lo haga, no debe dejarse seducir pensando que por fin ha encontrado la descripción correcta de “los hechos” (Paul K. Feyerabend), deberá además, para conseguir su objetivo, ser creativo, imaginativo y en cierto modo, artista, pues ello le llevará al *progreso* de la técnica de investigación y en definitiva al *progreso del método* (“la separación existente entre las ciencias y las artes es artificial”), y, lo que es más importante, al mejor resultado.

1.5. DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS

Finalizado el *proceso de justificación* se tiene que estar en condiciones de emitir una conclusión, y como ésta es una consecuencia experimental, debe ser reproducible, es decir, ha de estar planteada y descrita de forma que pueda ser repetida por el investigador (fundamentalmente en el acto del Juicio Oral) o por cualquier otro investigador.

Llegados a este punto de la investigación singular del accidente de tráfico y reconstrucción del mismo, se estará en condiciones de exponer como resultado o conclusión las *causas* del evento, y que éstas estarán originadas en uno o varios de los factores o elementos que intervienen en el mismo, sin descartar, además de los tres factores clásicos e imprescindibles, otros factores como la *supervisión policial* y la *normativa reguladora de la seguridad vial*.

Como quedó apuntado en la *Teoría de la Causa*, todos los investigadores saben que el accidente de tráfico es el resultado de un proceso en el que se encadenan diversos eventos, condiciones y conductas que difícilmente se pueden encerrar en una posición simplista o simplificadora del *problema* con la determinación de una sola causa, como la determinante de manera completa (teoría de la culpa), es decir, la conclusión precisará probablemente:

1. *Una/s causa/s* (de acción o condición) que reúna/n las circunstancias de la definición generalista de Baker de “*aquella sin la cual no se habría producido el accidente*”,

Pero además de ésta/s, existirán y aparecerán...

2. **Otras** causas (de acción o condición) *que sin haber dado lugar al accidente, coadyuvarán* (en función del nivel del riesgo asumido) *a su producción y / o a su resultado final*.

1.6. CLASIFICACIÓN DE LAS CAUSAS

Finalizado dicho estudio, se enumeran las **causas** *MEDIATAS* e *INMEDIATAS*, relativas a las personas, vehículos y vía con sus circunstancias ambientales, realizándose entre éstas un estudio con el objeto de determinar la **causa** *PRINCIPAL* o *EFICIENTE*, no sin antes tener en cuenta lo siguiente:

J. S. *BAKER*, define **la causa** como “*Cualquier comportamiento, condición, acto o negligencia sin el cual el accidente no se hubiera producido*”, es decir, como más adelante veremos, la que nosotros conocemos como **causa** *PRINCIPAL* o *EFICIENTE*.

No obstante existen **otras causas**, como ya quedó apuntado en la *teoría de la causa* aquí expuesta y aunque es difícil una clasificación de éstas, siendo muy diversos y dispares e incluso contradictorios los criterios mantenidos por los investigadores, la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, estima adecuada la clasificación realizada por Miguel López-Muñiz Goñi en su libro “Accidentes de Tráfico, Problemática e Investigación”, si bien sin salirse de dicha clasificación, se expresan algunas matizaciones.

1.6.1. Causas (clasificación)

1.6.1.1. Causas mediatas

Consideradas como aquellas que en sí mismas no dan lugar al accidente, pero conducen hacia él o coadyuvan a su materialización. Ahora bien, ha de quedar perfectamente claro, como consta en el libro de “Investigación de Accidentes de Tráfico” de la Guardia Civil, que estas causas normalmente -pues no se puede emplear el término *nunca* al hablar de esta materia- no darán lugar al accidente sino que coadyuvarán a su producción y/o resultado final.

Llegados a este punto, se ha de llamar la atención sobre que, ¡Sí! existen causas *MEDIATAS* que pueden ser **autosuficientes** y alcanzar la consideración de **causa** *PRINCIPAL*, como lo demuestran estudios como el realizado por el T.R.R.L. (Transport and Road Research Laboratory) británico, en el que se recoge, sin entrar en el fondo del mismo, que las causas *MEDIATAS* (es decir, las no matizadas por el elemento humano) constituyeron el 5’1 % de la casuística objeto de dicho trabajo, es decir, accidentes en los que sólo se consideró causante del mismo, al vehículo (3%), a la vía (2%) y al conjunto vía-vehículo (0’1%).

Las **causas** *MEDIATAS*, también conocidas como *de condición*, pueden ser relativas al vehículo, a la vía, a fenómenos atmosféricos, al conductor o peatón, o a otras circunstancias.

1.6.1.2. Causas inmediatas

Entendidas como aquellas que de forma directa (causa directa o de acción) intervienen en el accidente. Son en esencia, no todas, las mismas causas mediatas aunque matizadas, en su mayoría, por el elemento humano (algunas circunstancias que siendo originariamente condiciones, al ser matizadas por el factor humano y por tanto las hacen –acción- depender de éste, quedan, de esta manera, cualificadas).

Estas causas estarán referidas a:

- *Infracciones a la normativa sobre circulación y tráfico* (especial atención a la velocidad, si fue determinante y si se pudo calcular, matizando siempre si se trata de velocidad excesiva, velocidad inadecuada o cual es la otra infracción cometida),
- *Deficiencias en la percepción* (incidencia de la deficiencia física o somática, en el hecho concreto, es decir, que la condición, peligro o circunstancia anormal *debió ser percibida* -fundamentalmente por la vista y en muy pocas ocasiones por el oído- en un momento y que *fue percibida* con retraso o *no fue percibida*),
- *Errores en la evasión* (incidencia activa de los conocimientos y experiencia, en la maniobra o táctica evasiva, si es que la llegó a efectuar),
- *Condiciones negativas* (psíquicas, ambientales, emocionales, circunstanciales, es decir, aquella que da lugar a una conducta antisocial o peligrosa como kamikazes, etc.),
- *Otras* no comprendidas en las anteriores, entre las que cabe incluir, a todas aquellas mediatas que están matizadas por el factor humano (tener defecto físico consistente en una disminución de la visión –de tenerlo y no saberlo, sería *causa mediata*-, necesitar lentes correctoras para la conducción y no usarlas en el momento de la conducción).

1.6.1.3. Causa principal o eficiente

No es un nuevo tipo de causa, sino que en realidad se trata de las anteriores, es decir, aquella o aquellas, de entre todas las intervinientes (mediatas e inmediatas), sin la cual, o sin las cuales, el accidente no habría tenido lugar.

1.7. RELATO SECUENCIAL DEL ACCIDENTE: ITINERE DE LA RECONSTRUCCIÓN Y CAUSAS APRECIADAS

A continuación, por escrito u otro medio gráfico de los citados, se desarrolla el evento (relato cronológico de las posiciones citadas en la teoría de la evolución del accidente), mediante la narración de forma cronológica y coordinada para cada unidad de tráfico, implicado en el accidente, de cómo se fueron produciendo los hechos constitutivos del suceso, desde las posiciones iniciales a las finales, con cita de todas las causas como resultado de las hipótesis estudiadas, con especial atención a la exposición de las causa PRINCIPAL o EFICIENTE, como determinante para la conclusión del proceso de investigación.

Finaliza el desarrollo (relato secuencial del accidente) con un resumen del resultado del accidente (fallecidos, heridos y daños materiales).

2. PERSPECTIVA TÉCNICA DE LA TEORÍA DE LA CAUSA

2.1. INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE LA CAUSA

Siguiendo en este punto a J. Stannard Baker, nos debemos plantear inicialmente: ¿Qué queremos decir cuando se habla de la *causa de los accidentes de tráfico*?, para lo que, en principio, necesitamos un planteamiento del accidente de tráfico.

2.2. EL ACCIDENTE DE TRÁFICO

J.S. Baker, considera el accidente como “la imposibilidad de completar un viaje sin *daños o lesiones*”.

De aquí obtenemos, que para averiguar la *causa* necesitamos hallar la respuesta a la doble pregunta de, ¿Qué es *lo que falló* en el viaje? y ¿*Por qué falló*?

Un viaje puede empezar a fallar desde el mismo momento de sus *preparativos*; puede igualmente fallar a la hora de *identificar* el peligro, así como a la hora de *decidir y aplicar*, la *acción evasiva*. Para estar más acertado a la hora de *ejecutar* la *acción evasiva*, se precisa de la denominada *estrategia* de la conducción, o sea, que como vimos en la gráfica de Blumenthal, necesitamos constantemente adaptar el *nivel de capacidad*, al *nivel de las exigencias* del sistema y por encima de éste (superando el nivel de exigencias), para evitar el accidente.

Baker considera que, en todo accidente, han de confluir varios factores para *contribuir* a la producción del accidente, uno de los cuales es *cualquier circunstancia relacionada con un accidente de tráfico, sin el cuál éste no se habría producido*.

Existen dos clases de *factores que contribuyen* al accidente, de los que Baker dijo que, “*En todo caso, tiene que haber por lo menos un factor de cada clase, aunque normalmente sean necesarios varios, para producir el accidente*”.

1. Operativos o **de acción**.
2. De estado o **de condición**.

2.3. FACTORES OPERATIVOS O DE ACCIÓN

Después de lo dicho, es fácil colegir que los *fallos en la acción de preparación, estrategia o táctica evasiva*, son factores considerados como *factores operativos*.

- **Preparación.** Puede definirse la *preparación*, como los actos de elección (antes o durante el viaje), de los preparativos con respecto al vehículo (mantenimiento, carga...), al conductor (descansos, estado psicofísico, etc.), de itinerarios, horarios, paradas, etc.
- **Estrategia.** Se puede definir, como *toda acción ejecutada por una unidad de tráfico mientras está en movimiento, que haga aumentar o disminuir la probabilidad de éxito de una maniobra evasiva, caso de presentarse la necesidad de realizarla ante una situación de peligro*.
- **Acción o táctica evasiva.** Antes de que una situación de peligro llegue a ser concluyente, toda unidad de tráfico, se enfrenta a la posibilidad de que ésta sea o no, *percibida e identificada*. Logrado el *reconocimiento o identificación*, y como esta es una situación dinámica, en la dos unidades de tráfico entre sí, o una sola con un objeto, pueden interaccionar en una *relación espacio-temporal* (la POSICIÓN), el conductor o el peatón, necesitarán realizar (*ejecutar*) una **acción evasiva** (maniobra),

previamente *decidida*, que consiga evitar o al menos minimizar, los efectos del accidente.

Como quiera que el investigador pretende buscar *los fallos* en estos tres factores, *preparación, estrategia y táctica evasiva*, y con respecto a este último y de forma particular, *los fallos* se buscarán en las secuencias de *identificar* la situación de peligro, *decidir* qué acción tomar, y *ejecutar* la acción elegida.

Los factores operativos se han denominado también, “*causas directas*” de los AT.

2.4. FACTORES DE CONDICIÓN O DE ESTADO

También llamados **de condición**, son factores que reflejan las deficiencias (con respecto al estado óptimo en que deben interaccionar los factores o elementos que intervienen en todo accidente), de determinados **atributos** o *características* de la **vía**, **conductor** y **vehículo**. La investigación de las circunstancias que pueden haber concurrido en cada uno de éstos factores que siempre intervienen en el accidente de tráfico, unido, como antes se dijo, al conocimiento de los factores operativos, nos dará la posibilidad de llegar a dar respuesta a las preguntas, *dónde, cuándo, cómo y por qué*, se produjo el accidente.

- **Atributos.** Es indudable que existen ciertas características o cualidades inherentes a la *persona, vehículo o carretera*, que inciden en la probabilidad de que se produzca un accidente de tráfico. A estas características básicas se las denomina *atributos* y tienen la cualidad de facilitar la posibilidad y probabilidad de que se produzca un accidente.

Los atributos no son *actos –acciones–*, ni por tanto tampoco forman parte del *comportamiento –como la acción evasiva–*, sino que *son características que explican el comportamiento o los actos*. Como ejemplo de atributos de la vía, podemos citar la adherencia del pavimento, variable según el tipo de éste o las condiciones climáticas –lluvia, hielo o nieve–, y que es cambiante de un lugar (punto) a otro y de un momento (tiempo) a otro.

2.5. CAUSAS

Mantenía Baker, que si un factor no puede producir por sí mismo, un accidente, no debería considerársele como causa, y definía ésta como una combinación de circunstancias simultáneas y eslabonadas, sin una de las cuales, no habría ocurrido el accidente. También decía, que en esta combinación, **cada factor** es necesario pero **no autosuficiente** para originar el accidente.

Aquí entiendo, a diferencia del maestro Baker, que además de los factores de acción, la contribución de los factores de condición a un determinado **accidente**, también pueden ser de carácter “autosuficiente”, por ejemplo, cuando lo son para alcanzar un determinado grado lesivo –**resultado por el riesgo añadido**–, es decir, que el grado de adherencia de una calzada sea bajo, por su estado húmedo debido a la lluvia, y con ello se dificulte la acción de reducir velocidad, antes de la inminente colisión, cuando ésta es ya inevitable e independiente del referido estado húmedo de la calzada, hay que reconocer que es “autosuficiente” para contribuir a que el resultado sea más lesivo, dada la mayor velocidad en el momento de producirse la colisión, pero no es autosuficiente para que el accidente se produzca.

Habría por tanto situaciones en que los factores de condición serán de concurrencia totalmente necesaria y autosuficiente para que se produzca el accidente, y algunas veces, serán los únicos factores con el apellido exclusivo de “autosuficientes”, que recoge la teoría de la causa, propuesta por Baker. Es decir, entiendo que cuando concurre el **binomio accidente-riesgo añadido**, éste es inseparable en su consideración final, pero de estudios y valoración independientes. Es decir, hay factores de acción que contribuyen a que necesaria y

autosuficientemente se produzca un accidente, y además, hay factores de condición que contribuyen, de forma igualmente necesaria y autosuficiente, a su producción así como a modificar el resultado y por tanto también a originar un accidente diferente del que, de no haber intervenido este factor, se habría producido.

De lo anteriormente dicho, se deduce que, cada factor no tiene porque tener la misma importancia de cara a la consideración del tipo de accidente, al menos desde el punto de vista de la cuantificación del riesgo creado, y de la intuitiva distinción entre factores de acción (también considerados como “causas directas o inmediatas”), y los de condición (en algunas ocasiones considerados causas “mediatas”).

2.5.1. Conclusión avanzada

Podemos concluir que si el investigador, además de lograr averiguar en cuál o cuales de las secuencias de *reconocimiento*, *decisión* y *ejecución*, se ha producido *el fallo*, y consigue explicar asimismo *los fallos* respectivos de las *condiciones*, *características* o *atributos* del *conductor*, *vía* y *vehículo*, mediante la investigación de ellas, estará en el buen camino para conseguir averiguar el *por qué* (*la causa o causas*) se ha producido el accidente.

2.5.2. Concepto de causa

De lo hasta aquí y ahora visto, se puede llegar a definir la causa de un accidente, como **toda condición, acción, omisión o combinación de ellas, sin la cual el accidente** (tal como lo conocemos, en su tipo concreto) **no se habría producido**.

3. LA CAUSA, PERSPECTIVA JURÍDICA

2.1. TEORÍAS DE LA CAUSALIDAD EN EL DERECHO PENAL

En el ámbito penal, una parte de la doctrina distingue entre:

2.1.1. Teorías individualizadoras

Aquellas que tratan de destacar del conjunto de antecedentes del resultado (condiciones), uno que constituye la causa. De entre todas las teorías adscritas a este grupo se destacan:

- *Teoría del equilibrio o de la preponderancia (Binding)*. A la aparición del evento precede un estado de equilibrio entre unas circunstancias que tienden a producirlo (condiciones positivas) y otras que impiden que aquellas surtan efecto (condiciones negativas). Causa es la preponderancia de las condiciones positivas sobre las negativas mediante la voluntad humana, que permite la producción del resultado. Ha sido criticada por la dificultad que entraña su aplicación en la práctica.
- *Teoría de la condición más eficaz o de la causa eficiente (Birkmeyer)*. Este autor consideró como causa la condición más eficaz o, en otras palabras, la verdadera causa es aquella condición que en la pugna de las diversas fuerzas tenga una eficacia predominante. Stoppato se ocupa de diferenciar entre causa eficiente, condición y ocasión. Retomando la expresión Aristotélica, define a la causa eficiente como a la persona que con su acción produce el hecho, siendo las condiciones aquellas circunstancias que permiten a la causa eficiente, al hombre, obrar estando con ella en una relación de producción, y la ocasión como las circunstancias más o menos favorables que invitan o impulsan a la causa eficiente a obrar, actuando respecto a ésta en una relación de impulsión o de estímulo. Esta teoría cuantitativa fracasa cuando son varios sujetos los que contribuyen a la realización del hecho punible. A esta razón, y en el caso concreto de los accidentes de tráfico, hay que añadir que difícilmente existe una condición más eficaz entre varias que concurren a la producción del suceso, sino que hay que ponderar las acciones de los sujetos, la magnitud de su imprudencia o la corrección de su comportamiento, tanto del activo como del pasivo para realizar una valoración conjunta de la imputabilidad del resultado a una determinada persona. En España, todavía se sigue definiendo la causa principal o eficiente como aquella de entre todas las intervinientes sin la cual el accidente no habría tenido lugar. También sigue siendo frecuente que los instructores pertenecientes a los Equipos de Atestados del correspondiente Cuerpo policial y, en ocasiones, los propios órganos judiciales busquen desesperadamente la causa principal, despreciando el resto de las que concurren.
- *Teoría de la causa próxima (Ortmann)*. Esta teoría, seguida actualmente por parte de la jurisprudencia inglesa, es sencilla en su explicación, pues considera causa a la condición que se produce en último término, la más próxima al resultado. En España, también sigue perviviendo esta teoría en la diferenciación entre causas inmediatas, que serían aquellas que de forma directa intervienen en el accidente, y causas mediatas, que en sí mismas no dan lugar al accidente pero ayudan a que se produzca.

- *La teoría cualitativa (Kohler).* Según esta teoría, causa sería el impulso decisivo para la calidad del efecto. Trabaja en base al ejemplo siguiente: si planto una semilla, es evidente que para que germine y brote, son necesarias unas condiciones (humedad, abonos, etc.), que deben concurrir al mismo tiempo indefectiblemente; sin embargo la naturaleza de la planta dependerá de la semilla y del acto de plantarla, porque de su esencia resultará un abeto, un roble o una encina. La causa sería la semilla, mientras que la humedad, el abono, etc., serían meras condiciones.

2.1.2. Teorías generalizadoras

Son aquellas que niegan que pueda establecerse una diferencia entre causa y condición; cada una de las condiciones sin las que se hubiera ocasionado el resultado tiene el mismo valor causal. Como teorías más relevantes de esta tendencia, se citan las siguientes:

- *Teoría de la Equivalencia de las condiciones o de la Conditio sine qua non (Von Buri).* Suele señalarse la equivalencia de condiciones como la primera consideración sistemática de la causalidad empleada por el derecho penal, la que surgió a partir de los trabajos de John Stuart Mill, quien en 1843 indicó que "*sólo en forma excepcional puede afirmarse que una consecuencia es resultado de una única causa, pues por regla general es la reunión de diversos antecedentes lo que genera efectos*". Posteriormente, Von Buri precisó que no se trata tan solo que la suma de diversos elementos sea la causa de un fenómeno, sino que además cada una de esas fuerzas, considerada individualmente, es a su vez causa del resultado. A veces el Tribunal Supremo ha utilizado la frase "*causa causae est causa causati*" para referirse a este método de determinación de la causalidad: la causa de la causa es también causa de lo causado. En otras palabras basta con que la acción humana sea una condición de la producción del resultado para que exista una relación de causalidad entre ambos. La teoría de la equivalencia, es exacta filosófica y científicamente, pero es evidente que resulta inapropiada a los efectos del derecho penal, porque conduce a excesos en la exigencia de la responsabilidad al ser humano por sus acciones. Por este motivo se hace necesario acotarla, limitarla y reducirla, para evitar la inconsecuencia de seguir un criterio material de causalidad.
- *Teorías de la adecuación (Von Bar-Von Kries).* Intentan a través de diversos criterios limitar las otras dos teorías y sus efectos perniciosos. Según Von Kries no debemos preguntarnos si las condiciones que produjeron un fenómeno fueron causa del mismo, porque la respuesta es evidente. La pregunta debe atender a si esas condiciones, estudiadas desde un punto de vista general y abstracto, ex post facto, eran o no idóneas para producir el evento. Todos los efectos singulares, extraordinarios, anormales no se considerarán causados por la conducta del hombre.

Con posterioridad a la teoría de la adecuación, se han generalizado otras teorías limitadoras de la responsabilidad, que se particularizan por la utilización de baremos limitadores de la responsabilidad penal. Citaremos solamente dos:

- *La Teoría de la causa típica o de la relevancia (Mayer).* La interrogante correcta según esta posición, es aquella que se pregunta sobre si es relevante para el derecho toda relación causal, o si sólo son relevantes algunas. Beling añadió que lo fundamental consiste en atender al tipo delictivo, fundamentalmente al verbo principal que utiliza. La teoría de la conditio queda limitada en función de cada

figura delictiva, por cuanto la causalidad debería ser “típica”. Mezger llegó a la conclusión de que establecida la relación de causalidad es necesario precisar, en un segundo momento de la investigación, si tal nexo tiene trascendencia jurídica, mediante un proceso de valoración, hecho en relación al tipo legal, a la descripción legislativa de la figura.

- *La Teoría de la causalidad humana y de la causa racional (Antolisei)*. Por lo tanto, en los delitos imprudentes la relación de causalidad solo será relevante cuando la producción del resultado fuera objetivamente previsible, ex ante, pues sólo entonces será posible apreciar una inobservancia del cuidado objetivamente debido. Es preciso, además, que el resultado se haya producido precisamente como consecuencia de la omisión del cuidado objetivamente debido y fuera de aquellos que trataba de evitar la norma de cuidado infringida.

La jurisprudencia penal, en España, aplica limitadamente, aunque cada vez más, la distinción entre causalidad naturalística (Kausalität, Cause in Fact) e imputación objetiva (Objektive Zurechnung, Proximate Causation).

Como características que debe reunir la relación de causalidad que existe entre la conducta imprudente y el resultado dañoso, el Tribunal Supremo exige que ha de ser directa, completa e inmediata (STS, sala 2ª, de 24 de octubre de 1994, de 23 de enero de 1976, 15 de octubre de 1969 y de 6 de octubre de 1960).

2.2. LA IMPUTACIÓN OBJETIVA

Con esta teoría culmina el tránsito desde las concepciones naturalísticas de causalidad hacia concepciones puramente normativas, valorativas, o jurídicas. En el marco de la imputabilidad objetiva se establece, que se podrá imputar un resultado a una acción cuando esta sea sometida a dos juicios sucesivos de imputación:

Primero. Presupuesto imputación: creación de riesgo típicamente relevante. Los criterios para determinar si un riesgo es típicamente relevante son los siguientes:

- a. Adecuación social.
- b. Riesgo permitido.
- c. Principio de confianza.
- d. Infracción de la norma de cuidado.

Segundo. Criterios de imputación: relación de riesgo. Teniendo en cuenta que como antecedente de la relación de riesgo se ha de tener en cuenta la relación causal.

- a. Criterio de adecuación (previsibilidad objetiva).
- b. Las conductas alternativas adecuadas a derecho.
- c. Criterio del incremento del riesgo.
- d. Conductas concurrentes de terceros o de la víctima.
- e. Criterio del fin de protección de la norma.

2.3. TOMA DE POSTURA SOBRE ESTE ASUNTO

Particularmente atractiva, para el planteamiento aquí defendido, es la postura de la Profesora Puppe sobre el método adecuado para establecer la causalidad. Este procedimiento pasa por analizar el curso causal real que conduce al resultado, mediante la determinación de las causas intermedias entre acción y resultado, descubriendo en el caso concreto que se plantea si existe un problema de imputación objetiva. El medio de prueba idóneo para lograr establecer este curso causal es el dictamen pericial. Para establecer la relación de causalidad, la intervención de peritos resulta imprescindible. En determinadas materias, entre las que cabe

incluir el accidente de tráfico por su enorme complejidad, se requieren conocimientos superiores a los que posee el hombre común para indagar la relación de causalidad. Se necesita conocer cuáles son las leyes naturales que determinan la causalidad, o las reglas de la experiencia, y eso requiere estudios especializados y en muchos supuestos, multidisciplinares.

2.4. LA CAUSALIDAD EN EL ÁMBITO CIVIL

En el Derecho de Daños, la culpa, como criterio integrado en el nexo causal, desempeña este papel tan sólo en el sistema general, puesto que el ordenamiento civil puede prescindir de este elemento (cosa inviable en la órbita penal), lo que cabalmente sucede en los sistemas de responsabilidad objetiva. Esta circunstancia confiere a este último tipo de responsabilidad una configuración autónoma respecto no sólo del penal, sino también del general, lo que hace necesario el estudio del elemento causal desde una óptica estrictamente civilista.

Existe relación si se verifica:

- a) Que el hecho dañoso se haya verificado dentro del ámbito material establecido por la Ley especial que instaura un sistema objetivo de responsabilidad.
- b) Que exista una relación de causalidad material entre el daño cuya reparación se reclama y la actividad de la persona de quien se reclama.

El nexo causal es, en este sentido, y salvo hipótesis excepcionales un requisito de carácter necesario para el nacimiento de la responsabilidad, sea cual fuere el sistema de responsabilidad de que se trate. En consecuencia, el agente puede haber tenido una participación más o menos directa en la causación del accidente, pero el mínimo exigible para la verificación del nexo causal es, que la persona cuya responsabilidad se declare sea la que (o una de las que) materialmente ha originado el daño.

2.5. LAS CAUSAS DE LOS ACCIDENTES DE TRÁFICO.

A título de ejemplo se citarán como más frecuentes las siguientes causas en relación con la producción de accidentes de tráfico:

- Relativas al vehículo: Deficiente funcionamiento de sus principales órganos, excesiva potencia; mala seguridad activa o pasiva, etc.
- Relativas a la carretera: Defectos en su trazado, señalización, firme, etc.
- Relativas a fenómenos atmosféricos: Reducción de visibilidad por niebla o lluvia, deslumbramientos solares, etc.
- Relativas al conductor o peatón: Físicas o somáticas (condiciones negativas), psíquicas (deficiencias en la percepción) y los conocimientos, experiencias y pericia (errores en la maniobra evasiva).
- Circunstancias ajenas a las anteriores. cuando no puedan ser encuadradas en los grupos anteriores (insectos que se introducen en vehículo, piedra que golpea el parabrisas...).

La investigación de accidentes, por regla general y hasta ahora, iba dirigida a encontrar una sola causa como responsable del accidente, con el fin de:

1. Culpabilizar siempre a alguien con objeto de exigirle responsabilidad penal y civil.
2. Los investigadores buscan la causa única como norte de su trabajo, punto final del informe y que ésta constituya el elemento imprescindible del mismo.
3. Con la búsqueda de la causa única se incide en el "efecto túnel". Toda la investigación se orienta hacia la luz que se desprende al final y que proporciona esa causa, dejando en el camino toda una serie de datos importantes de cara al resultado final de la misma.

4. Se incide en la explicación del "por qué" y ésta deja en el camino datos de indudable interés para la reconstrucción del accidente y para poder llegar al "cómo".

No basta con demostrar el "como" de un accidente, sino también el "por qué" de su producción y para ello nada mejor que lograr determinar la interacción de causas.

2.6. JURISPRUDENCIA SOBRE LA CAUSA

Es un principio de derecho penal que quien realiza un acto delictivo es responsable de todas las consecuencias que del mismo se deriven, salvo la concurrencia de circunstancias totalmente ajenas a su intervención dolosa que deben constar claramente para valorarlas en su verdadera intensidad (STS 20 de junio de 1978, 18 de noviembre de 1958, 14 de mayo de 1944). Se requiere que la causa sea eficaz e inmediata del resultado producido (STS 4 de junio de 1971, 25 de enero de 1966). Quien es causa de la causa es causa del mal causado (STS 20 de marzo de 1968, 15 de enero de 1966, y 4 de febrero de 1958). En los hechos probados es ineludible hacer constar las causas del accidente de tráfico (STS de 16 de diciembre de 1967, 5 de abril de 1963, 24 de junio de 1958, 13 de marzo de 1934). No hay que confundir la causalidad puramente material y objetiva con la causa jurídica (20 de junio de 1964). El acto de voluntad es causal respecto del resultado cuando suprimido in mente, desaparecería también el resultado en su configuración concreta (STS 21 de marzo de 1964). No puede exigirse a un Tribunal que exprese la causa de un hecho sino en el caso de que sea conocida y probada (STS 11 de octubre de 1963). La omisión debe ser considerada causal cuando la acción esperada y exigible al agente hubiera impedido el resultado dañoso (STS de 24 de mayo de 1962). En principio hay preponderancia entre la causalidad activa del que obra frente a la pasiva del que está inmóvil (STS 3 de abril de 1962).

La Sentencia del Tribunal Supremo de 30 de mayo de 1988, entre otras, se pronuncia a favor de la aplicación de la teoría de la imputación objetiva en estos términos: "En primer lugar, se debe tratar la cuestión de si el adelantamiento y la maniobra realizada por el conductor del camión ha sido contraria al deber de cuidado que le era exigible. El fundamento de la sentencia recurrida para afirmar la existencia de esta infracción se resume en el contenido de su primer considerando cuando establece que el recurrente no obró con el cuidado debido "toda vez que debió poner especial atención a la conducción al verse obligado a circular con luces cortas en horas nocturnas, previendo la posibilidad de encontrar un obstáculo frente a sí, reduciendo la velocidad o bien intentando una maniobra de evasión pero realizándola correctamente". Es decir, que el fundamento de la culpa apreciada por la Audiencia está constituido por la falta de atención exigible en la conducción. De la argumentación de la sentencia es posible deducir que el Tribunal a quo estimó que si el recurrente hubiera puesto una mayor atención hubiera podido adoptar en el momento necesario las medidas que hubieran impedido la colisión con el ciclomotor, y además, que esa mayor atención le era exigible.

La jurisprudencia reciente de esta Sala viene sosteniendo que el criterio más adecuado para caracterizar la relación que debe existir entre acción y resultado típico es el que proporciona la teoría de la imputación objetiva, que como es sabido, tiene fundamentos y alcances diversos de los que corresponden a la teoría de la causalidad adecuada. Pero, de todos modos, en el hecho que ahora se juzga, ambos puntos de vista conducirían a igual resultado. En el presente caso, la imputación objetiva de la muerte de la víctima no es en absoluto problemática, toda vez que se trata de la concreción de un peligro representado por la acción del acusado que cae dentro del ámbito de protección de la norma de cuidado lesionada por el recurrente. Aplicando el criterio de la causalidad adecuada a la conclusión sería la misma. Causa del resultado será, según el criterio de la causalidad adecuada, sólo aquella

condición que, de acuerdo con la experiencia, es apropiada para la producción de un resultado de la especie determinada. Esto requiere formular un pronóstico objetivo sobre la probabilidad de la causación del resultado en el momento de la realización de la acción. En relación al comportamiento del recurrente, este pronóstico de probabilidad indica que según la experiencia general, el golpe dado por el camión conducido por aquel al ciclomotor, tiene una alta probabilidad de producir la muerte”.

ANEXO: DOCUMENTOS

1. HOJAS DE DATOS

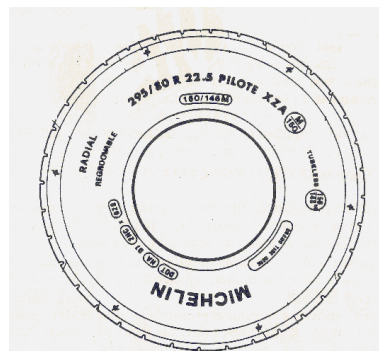
Como antecedente (y en su caso, sustitutorio) del completo CUADERNO DE CAMPO, se adjuntan aquí unas hojas de datos, con todos los campos sobre la reseña a efectuar de los neumáticos del vehículo que ha sufrido un accidente de circulación.

D A T O S DE LA INSPECCIÓN OCULAR		
DILIGENCIAS N° INFORME PERICIAL N°	TIPO	
	MARCA	
	N° IDENTIFICACIÓN	
	N° CONTRASEÑA (Si falta número neumático)	
VEHÍCULO PORTADOR		
IDENTIFICACION DEL ACCIDENTE		
FECHA		
LUGAR		
PERSONAL INTERVINIENTE		
FECHA DE EXAMEN		
LUGAR DE EXAMEN		
DESTINO DE LOS NEUMÁTICOS DESPUES DE SU EXAMEN		

1.- Descripción y características del neumático. (Eje trasero)

MARCA y MODELO	
ESTRUCTURA	
TIPO	
Nº HOMOLOGACIÓN	
Nº FABRICACION	
MEDIDAS	
INDICE DE CARGA	
INDICE VELOCIDAD	
FECHA FABRICACION	
PRESIÓN	
MEDIDA DE LA LLANTA	
ESCULTURA (mm)	

Ejemplo:



En el caso de que los neumáticos del eje delantero y trasero, sean diferentes rellenar otra ficha, cubriendo solo el apartado 1.-

2.- Descripción de desgastes o anomalías observadas.-

Neumático Posterior Izquierdo (3)		 3	 3
Neumático Posterior Derecho (4)		 4	 4

3.- Deficiencias que pudieron haber influido en el comportamiento del vehículo.-

Nota: Las descripciones hechas en esta página, referente a daños en los neumáticos, al hacer referencia a las horas, se pretende situar dichos daños, partiendo de que en el número de serie del neumático sería 12:00 horas y a partir de ahí y en el sentido de las agujas del reloj, se sitúan los daños.

OTRAS CIRCUNSTANCIAS QUE CONCURREN EN EL NEUMÁTICO O RUEDA

**DEDUCCIÓN RAZONADA SOBRE CUANDO ACONTECIÓ EL REVENTÓN O LA
PÉRDIDA DE AIRE DEL NEUMÁTICO DENTRO DEL DESARROLLO DEL
ACCIDENTE**

CONCLUSIONES

Partes del vehículo dónde se sitúan los daños
<u>Neumáticos:</u> ▪ Llanta ▪ Rueda ▪ Banda de rodadura ▪ Flancos ▪ Talones ▪ Reventones
Que nos pueden mostrar respecto al accidente
<u>Por cortes:</u> • Dirección en que se produjo la fuerza y su intensidad general. <u>Por abrasión en bordes de la calzada, plataforma o pavimentos:</u> • Dirección del movimiento lateral.(Derrapes) <u>Por marcas en pavimento de la calzada y arcén :</u> • Que rueda en otro vehículo o carretera <u>Por reventones:</u> • Cuando contribuyen al accidente es porque los vehículos son incontrolables, especialmente las salidas de la calzada y las colisiones frontales. Generalmente solo está implicado un vehículo, y raramente ocurren accidentes en intersecciones o con peatones
Sugerencia de examen
• Un neumático cortado o reventado como consecuencia del accidente significa que las fuerzas deben ser más grandes que las de los simples daños en la carrocería o parachoques. La posición de los cortes puede inducir a error debido al desplazamiento o rotación de la rueda después de la colisión. • Los neumáticos dañados en las colisiones generalmente muestran cortes, rajadas o desgarrones en las paredes laterales sólo en un punto concreto del flanco y normalmente cerca del talón. • Examinar si hay intensas abrasiones en las paredes laterales que indiquen qué rueda dejó huellas de césped sobre la calzada. • Contar los surcos dejados sobre el pavimento que coincidan con señales de patinazos u otras impresiones. • Medir el ancho de las marcas en el arcén para coincidencia con señales de arrastre en el pavimento y en los parachoques o carrocerías de otros vehículos. • Comprobar si el neumático se desinfló, si hubo roces o magullamientos en los bordes o en la llanta, si el tejido interior se ha partido o resquebrajado, así como las grietas o cortaduras en los flancos.

2. CUADERNO DE CAMPO

Como una parte más del *Protocolo de actuación*, el CUADERNO DE CAMPO pretende ser el recordatorio imprescindible para la práctica de la Inspección Ocular, tanto del experto investigador como del principiante, no olvidando así ningún dato importante en la práctica de la Inspección.

El modelo que a continuación se inserta, consta de trece páginas y tan solo intenta ser un modelo, no el único, pretendidamente exhaustivo pero que puede ser adaptado y modificado por el investigador según sea su grado o nivel de intervención en la investigación de accidentes de tráfico y según se origine éste en vía urbana o interurbana.

Los puntos principales que el cuaderno de campo deber recoger son los siguientes:

- Datos de **conocimiento** del hecho y **comparecencia** en el lugar de los hechos, con las modificaciones existentes a su llegada, ubicación del AT y vehículos implicados.
- La **inspección ocular**, con los puntos fijos, características de la vía y huellas y vestigios observadas en el lugar de los hechos, así como posiciones finales. Deberá incluir el examen pericial y del estado de los vehículos implicados.
- Identificación de las **personas participantes y testigos**, con su manifestación.
- Reseña de **documentaciones** de vehículos.

En el caso de ser confeccionado previamente a la intervención a modo de “cuadernillo” y por ambas caras de un folio, nos quedaría en blanco la última cara que nos serviría de “anecdotario” donde recoger cuantas anécdotas o singularidades puedan sucederse y que nos pueden servir como una fuente más de información, en algunos casos, sumamente interesante para el investigador.

CUADERNO DE CAMPO

CONOCIMIENTO Y COMPARECENCIA.

HOJA DE DATOS Núm. 1-13

1. CONOCIMIENTO Y COMPARECENCIA	HORA/DÍA/ MES/AÑO	DNI/PASAPORTE/ TIP	TELÉFONO/FAX LOCALIDAD/UNIDAD
1.1. Emisión noticia del accidente			
1.2. Persona que la comunica			
1.3. Lugar de origen de la noticia			
1.4. Persona que recibe la noticia			
1.5. Instructor de las Diligencias			
1.6. Secretario de las Diligencias			
1.7. Otros Agentes participantes			
1.7. Otros Agentes participantes			
1.7. Otros Agentes participantes			
1.7. Otros Agentes participantes			
1.8. Hora recepción de la noticia			
1.9. Hora de llegada al lugar (comparecencia)			
1.10. Agente Autoridad presente en el lugar			
1.10. Agente Autoridad presente en el lugar			
1.10. Agente Autoridad presente en el lugar			
1.10. Agente Autoridad presente en el lugar			
1.11. Personal Servicio Urgencias en el lugar			
1.11. Personal Servicio Urgencias en el lugar			
1.12. Personal sanitario privado en el lugar			
1.12. Personal sanitario privado en el lugar			
2. MODIFICACIONES EN PERSONAS	PRESENTE/HOSPITAL/DOMICILIO/OTROS		
2.1. CONDUCTORES			
2.2. PEATONES			
2.3. TESTIGOS			
2.4. OTROS			
3. MODIFICACIONES EN VEHÍCULOS	MARCA/MODELO/COLOR/MATRÍCULA		
3.1. VEHÍCULO			
3.2. VEHÍCULO			
3.3. VEHÍCULO			
3.4. VEHÍCULO			
4. MODIFICACIONES EN LA VÍA	DESPLAZADO/BORRADO		
4.1. HUELLAS			
4.2. VESTIGIOS			
4.3. DEPÓSITOS			
4.4. LÍQUIDOS			
4.5. RESTOS			

* Poner una "X" cuando existan datos.

INSPECCIÓN OCULAR.

HOJA DE DATOS Núm. 2-13

5. UBICACIÓN DEL ACCIDENTE	DESCRIPCIÓN/OBSERVACIONES				
5.1. FECHA					
5.2. CARRETERA / CALLE / CRUCE					
5.3. PUNTO KILÓMETRICO / NÚM. FINCA					
5.4. TERMINO MUNICIPAL / PARTIDO JUDICIAL					
5.5. TIPOLOGÍA DEL ACCIDENTE (CLASE DE ACCIDENTE)	SE DETALLARÁ MÁS ADELANTE				
6. VEHÍCULO IMPLICADO	TIPO	MARCA	MODELO	COLOR	MATRÍCULA
6.1. VEHÍCULO					
6.2. VEHÍCULO					
6.3. VEHÍCULO					
6.4. VEHÍCULO					
6.5. VEHÍCULO					
6.6. VEHÍCULO					
7. RESULTADO LESIVO PROVISIONAL	MUERTOS	H. GRAVES	H. LEVES	DAÑOS MATERIALES	
7.1. CONDUCTORES					
7.2. PEATONES					
7.3. USUARIOS					
7.4. VEHÍCULOS					
7.5. INFRAESTRUCTURA VIARIA					
7.6. FINCAS URBANAS / RÚSTICAS					
7.7. OTRAS LESIONES / DAÑOS					
8. OTROS DATOS DE INTERÉS					
8.1.					
8.2.					
8.3.					
8.4.					
8.5.					
8.6.					
9. SENTIDO DE LA INSPECCIÓN OCULAR					
9.1. LA INSPECCIÓN OCULAR SE REALIZA TOMANDO EL SENTIDO DE CIRCULACIÓN HACIA _____ QUE ERA EL LLEVADO POR EL VEHÍCULO MATRÍCULA _____.					
10. SENTIDO DE CIRCULACIÓN DE LAS UNIDADES DE TRÁFICO PARTICIPANTES Y ELEMENTOS ANÁLOGOS:					
EL VEHÍCULO MATRÍCULA _____ CIRCULABA SENTIDO _____.					
EL VEHÍCULO MATRÍCULA _____ CIRCULABA SENTIDO _____.					
EL VEHÍCULO MATRÍCULA _____ CIRCULABA SENTIDO _____.					
EL VEHÍCULO MATRÍCULA _____ CIRCULABA SENTIDO _____.					
EL VEHÍCULO MATRÍCULA _____ CIRCULABA SENTIDO _____.					
EL VEHÍCULO MATRÍCULA _____ CIRCULABA SENTIDO _____.					
EL PEATÓN _____ TRANSITABA DE _____ A _____ POR _____.					
EL PEATÓN _____ TRANSITABA DE _____ A _____ POR _____.					
EL CICLISTA _____ CIRCULABA SENTIDO _____ POR _____.					
EL CICLISTA _____ CIRCULABA SENTIDO _____ POR _____.					
EL PERRO (U OTRO ANIMAL) TRANSITABA DE _____ A _____ POR _____.					

11. PUNTOS FIJOS (MEDICIONES POR EL MÉTODO DE TRIANGULACIÓN y/o COORDENADAS)	DESCRIPCIÓN / OBSERVACIONES	PUNTO KILOMÉTRICO
11.1. PUNTO FIJO "A"		
11.2. PUNTO FIJO "B"		
11.3. PUNTO FIJO "C"		
11.4. PUNTO FIJO "D"		
12. DISTANCIA ENTRE PUNTOS FIJOS		
12.1. ENTRE "A" Y "B" _____. 12.2. ENTRE "B" Y "C" _____. 12.3. ENTRE "C" Y "D" _____.		
13. OTRAS MEDIDAS DE LOS PUNTOS FIJOS.	ALTURA DEL SUELO A LA HORIZONTAL DE LA CALZADA	DISTANCIA A LA CALZADA (BORDE PLATAFORMA / LÍNEA LONGITUDINAL MÁS PRÓXIMA)
13.1. PUNTO FIJO "A"		
13.2. PUNTO FIJO "B"		
13.3. PUNTO FIJO "C"		
13.4. PUNTO FIJO "D"		
14. CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA (*)		
14.1. TIPO DE VÍA	14.4. NÚMERO DE CARRILES	14.9. SUPERFICIE PAVIMENTO
Autopista	Sentido _____ Carriles ____.	Seca y limpia
Autovía	Sentido _____ Carriles ____.	Mojada
Vía Rápida	14.5. ANCHURA CARRILES	Umbría
Vía Convencional con carril lento	Sentido _____ ; _____ m.	Encharcada
Vía Convencional	Sentido _____ ; _____ m.	Barrillo
Camino Vecinal	Sentido _____ ; _____ m.	Nevada
Vía de Servicio	Sentido _____ ; _____ m.	Helada
Ramal de Enlace	Sentido _____ ; _____ m.	Hoyos
Otro Tipo	Sentido _____ ; _____ m.	Gravilla suelta
14.2. ANCHURA DE LA CALZADA	14.6. FIRME	Aceite
Anchora de _____ metros	Rígido	Hojas
14.3. CONFIGURACIÓN CALZADA	Flexible	Otras
Recta	14.7. TIPO DE PAVIMENTO	14.10. ARCENES
Recta entre curvas	Aglomerado asfáltico	Practicable
Curva fuerte	Riego asfáltico	Impracticable
Curva señalizada	Asfalto	14.11. ANCHURA DE ARCENES
Curva no señalizada	Cemento	Sentido/ Derecho: _____ metros.
Curva suave	Adoquines	Sentido/ Izquierdo: _____ metros.
Tramo sinuoso	Losetas	Contrario/ Derecho: _____ metros.
Puente	Macadán	Contrario/ Izquierdo: _____ metros.
Estrechamiento	Zahorra	14.12. FIRME ARCENES
Paso a nivel	Empedrado	Rígido
Intersección	Otro tipo	Flexible
Pendiente	14.8. ESTADO DE CONSERVACIÓN	14.13. CONSERVACIÓN ARCENES
Rampa	Bueno	Bueno
Badén	Regular	Regular
Otros	Malo	Malo

* Poner una "X" cuando existan datos.

INSPECCIÓN OCULAR.

HOJA DE DATOS Núm. 4-13

14. CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA (*)		
14.14. TIPO PAVIMENTO ARCENES	14.24. MARGEN DERECHO CALZADA	14.33. SEÑALIZACIÓN
Aglomerado asfáltico	Cuneta	Vertical
Riego asfáltico	Bionda	Horizontal
Asfalto	Talud	Otro tipo
Cemento	A nivel	14.34. LIMITACIONES VELOCIDAD
Adoquines	Cercado	Genérica (especificar):
Losetas	Fincas	Específica(detallar):
Macadán	Terrenos	
Zahorra	Caz	14.35. CIRCULACIÓN
Empedrado	Cauces de ríos	Fluida
Otro tipo	Otros	Densa
14.15. ACERAS	14.25. MARGEN IZQ CALZADA	Congestionada
Si. Anchura: Derecha: _____ metros.	Cuneta	14.36. CIRCULACIÓN ESPECIAL
Izquierda: _____ metros.	Bionda	Carril reversible
No	Talud	Habilitación arcén
14.16. OBSTÁCULOS EN LA VÍA	A nivel	Otra medida
Fijos	Cercado	Ninguna medida
Provisionales	Fincas	14.37. TIPOLOGÍA ACCIDENTE
14.17. CLASES DE OBSTÁCULOS	Terrenos	1. COL. VEHÍCULOS EN MARCHA:
Baches	Caz	Frontal
Lomos	Cauces de ríos	Frontolateral
Badenes	Otros	Lateral
Surcos	14.26. ÁRBOLES	Alcance
Bandas rugosas	Sin fila	Múltiple o en caravana
Estrechamientos	Fila a _____ m. del borde de la calzada	2. COL. VEHÍCULO-OBSTÁCULO
Alturas	14.27. LUMINOSIDAD	CALZADA:
Obras	Pleno día	Vehículo estacionado o averiado
Paso a nivel	Crepúsculo	Valla de defensa
Escalones centrales	Iluminación suficiente	Barrera de paso a nivel
Escalones laterales	Iluminación insuficiente	Otro objeto o material
Otros accidentes u obstáculos	Sin iluminación	3. ATROPELLO:
14.18. MARCAS VIALES	Plena noche sin Luna	Peatón sosteniendo bicicleta
Inexistentes o borradas	Noche con Luna	Peatón reparando el vehículo
Sólo separación carriles	Distancia visibilidad en _____ metros.	Peatón aislado o en grupo
Separación carriles y bordes	14.28. FACTORES ATMOSFÉRICOS	Conductor de animales
Sólo separación de bordes	Buen tiempo	Animal conducido o rebaño
14.19. ELEMENTOS SEGURIDAD	Niebla intensa	Animales sueltos
Mediana entre calzadas	Niebla ligera	4. VUELCO EN LA CALZADA
Barrera de seguridad	Lloviznando	5. SALIDA VÍA:
Paneles direccionales	Lluvia fuerte	Izquierda
Hitos de arista	Granizando	Derecha
Captafaros	Nevando	A. CON COLISIÓN:
14.20 INTERSECCIÓN	Viento fuerte	Choque con árbol o poste
Con carretera _____.	Otro	Choque con muro o edificio
Con calle _____.	14.29. VISIBILIDAD BUENA	Choque con cuneta o bordillo
14.21. TIPO INTERSECCIÓN	Buena	Otro tipo de choque
En "T" o "Y"	Buena en recta con _____ m. por delante	B. SIN COLISIÓN:
En "X" o "+"	Buena en recta con _____ m. por detrás	Con despeñamiento
Enlace de entrada	14.30. VISIBILIDAD RESTRINGIDA	

INSPECCIÓN OCULAR.

HOJA DE DATOS Núm. 4-13

Enlace de salida	Edificios	Con vuelco
Giratoria	Configuración del terreno	En llano
Otros	Vegetación	Otra.
14.22. ACONDICIONAMIENTO	Factores atmosféricos	6. OTRO
Nada especial	Deslumbramiento	14.38. FESTIVIDAD
Sólo isletas-paso peatones, vía segunda	Polvo o humo	Laborable
Paso peatones-isleta, vía principal	Otra causa	Festivo
Carril central de espera	14.31. DESLUMBRAMIENTO	Víspera de festivo
Raqueta de giro izquierda	Proyectores otros vehículos	Fiesta Local
14.23. PRIORIDAD REGULADA POR	Alumbrado edificios colindantes	Operación Salida-Retorno
Agente	Sol	14.39. DÍA DE LA SEMANA
Semáforo	Nieve	Lunes
Señal de "STOP"	Otro tipo	Martes
Señal de "CEDA EL PASO"	14.32. VISIBILIDAD SEÑALIZACIÓN	Miércoles
Sólo marcas viales	VERTICAL (si existe)	Jueves
Paso peatones	Buena	Viernes
Otra señal.	Deficiente	Sábado
Ninguna. Sólo "Norma"	Nula	Domingo

* Poner una "X" cuando existan datos.

INSPECCIÓN OCULAR.

HOJA DE DATOS Núm. 5-13

15. HUELLAS Y VESTIGIOS	
(En esta hoja haremos referencia a todas aquellas que se encuentren en el lugar escenario de los hechos)	
15.1. HUELLAS DE FRENADA O DESLIZAMIENTO (hay que reseñar su ubicación en la calzada con respecto a los “puntos fijos”, de tal manera que su descripción llegue al lector de forma semejante a como lo haría al observar el croquis)(se puede utilizar para ello el boceto)	15.4. POSICIÓN FINAL VEHÍCULOS (hay que reseñar su ubicación en la calzada con respecto a los “puntos fijos”, de tal manera que su descripción llegue al lector de forma semejante a como lo haría al observar el croquis)(se puede utilizar para ello el boceto)
15.2. HUELLAS DE FRICCIÓN (DERRAPE) (hay que reseñar su ubicación en la calzada con respecto a los “puntos fijos”, de tal manera que su descripción llegue al lector de forma semejante a como lo haría al observar el croquis)(se puede utilizar para ello el boceto)	15.5. POSICIÓN FINAL DE CADÁVERES (hay que reseñar su ubicación en la calzada con respecto a los “puntos fijos”, de tal manera que su descripción llegue al lector de forma semejante a como lo haría al observar el croquis)(se puede utilizar para ello el boceto)
15.3. OTRAS HUELLAS Y VESTIGIOS (hay que reseñar su ubicación en la calzada con respecto a los “puntos fijos”, de tal manera que su descripción llegue al lector de forma semejante a como lo haría al observar el croquis)(se puede utilizar para ello el boceto)	15.6. OTROS OBJETOS O COSAS (hay que reseñar su ubicación en la calzada con respecto a los “puntos fijos”, de tal manera que su descripción llegue al lector de forma semejante a como lo haría al observar el croquis)(se puede utilizar para ello el boceto)

INSPECCIÓN OCULAR.

HOJA DE DATOS Núm. 6-13

* Poner una "X" cuando existan datos.

17. EXÁMEN DE ESTADO DE LOS VEHÍCULOS (*) (una hoja por vehículo)															
Vehículo _____ Marca _____ Modelo _____ Color _____ Matrícula _____. 17.1. ESTADO DE CONSERVACIÓN INICIAL <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Aparentemente sin defecto</td><td style="width: 20px; text-align: center;"> </td></tr> <tr><td>Pinchazo o reventón</td><td style="text-align: center;"> </td></tr> <tr><td>Mal estado de los neumáticos</td><td style="text-align: center;"> </td></tr> <tr><td>Alumbrado deficiente</td><td style="text-align: center;"> </td></tr> <tr><td>Sobrecargado</td><td style="text-align: center;"> </td></tr> <tr><td>Frenos deficientes</td><td style="text-align: center;"> </td></tr> <tr><td>Otros defectos</td><td style="text-align: center;"> </td></tr> </table> Descripción en DETALLE de las deficiencias o defectos: _____ _____ _____	Aparentemente sin defecto		Pinchazo o reventón		Mal estado de los neumáticos		Alumbrado deficiente		Sobrecargado		Frenos deficientes		Otros defectos		GRÁFICO DE VEHÍCULOS (marcar la localización de los daños)  MOTOCICLETA  TURISMO  FURGONETA / CAMIÓN
Aparentemente sin defecto															
Pinchazo o reventón															
Mal estado de los neumáticos															
Alumbrado deficiente															
Sobrecargado															
Frenos deficientes															
Otros defectos															
17.2. DESPERFECTOS EN LA COLISIÓN A. Incidencia de la Fuerza Principal de Impacto (FPI): (utilice el esquema gráfico de los vehículos) _____ _____ B. Zona afectada: (parte dañada de la estructura del vehículo, v. gr.: el frontal) _____ _____ _____ C. Amplitud: (v. g.: mitad derecha del frontal) _____ _____ _____ D. Consideración: (v. g.: gran, escasa o media consideración) _____ _____ _____ E. Detalles: 1. Roto: _____ _____ 2. Abollado: _____ _____ _____ 3. Desprendido: _____ _____ _____ 4. Rozado: _____ _____ _____ 5. Otros (incendio, sustracciones, etc.): _____ _____ _____															

* Poner una "X" cuando existan datos.

HOJA DE DATOS Núm. 8-13**HOJA DE DATOS Núm. 9-13**

19. CONDUCTORES (una hoja por conductor)	
19.1. VEHÍCULO:	Matrícula _____.
	Vehículo _____ Marca _____ Modelo _____ Color _____.
19.2. FILIACIÓN:	Nombre: _____.
	Apellidos: _____ y _____.
	Hijo de _____ y _____.
	Natural de _____ (_____), nacido el día _____ de _____ de _____. Edad: _____.
	Vecino de _____ (_____), con domicilio en _____ núm. _____.
	Teléfonos _____ / _____ Fax _____ / _____ E-Mail: _____.
	Otros domicilios: _____.
19.3. DOCUMENTACIÓN	1. DNI / CARTA DE IDENTIDAD / PASAPORTE: _____.
	Expedido en _____, con fecha: _____.
	2. PERMISO DE CONDUCCIÓN de la Clase: _____, número: _____.
	Expedido en _____, válido hasta el _____.
	Restricciones: _____.
	3. OTROS DOCUMENTOS HABILITADORES ESPECIALES: _____.
	_____.
	_____.
19.4. RESTRICCIONES	En el momento del accidente: SI ☐ NO ☐ hacía uso del cinturón de seguridad / casco de protección.
	En el momento del accidente: SI ☐ NO ☐ cumplía las restricciones del Permiso de Conducción.
19.5. RESULTÓ	MUERTO ☐ H. GRAVE ☐ H. LEVE ☐ ILESO ☐
19.6. PARADERO	Depósito de cadáveres de: _____ Teléfono: _____.
	Hospital de _____ Teléfono: _____.
	Domicilio: _____ Teléfono: _____.
19.7. RELATO	Breve relato de los hechos: _____ _____ _____ _____ _____

PERSONAS PARTICIPANTES

HOJA DE DATOS Núm. 10-13

20. USUARIOS (una hoja por usuarios)	
20.1. VEHÍCULO:	Matrícula_____.
	Vehículo_____ Marca_____ Modelo_____ Color_____.
20.2. FILIACIÓN:	Nombre:_____.
	Apellidos:_____ y_____.
	Hijo de_____ y_____.
	Natural de_____ (_____),
	nacido el día_____ de_____ de_____. Edad:_____.
	Vecino de_____ (_____),
	con domicilio en _____ núm._____.
	Teléfonos _____ / _____ Fax _____ / _____ E-Mail: _____.
	Otros domicilios:_____.
	_____.
20.3. DOCUMENTACIÓN	1. DNI / CARTA DE IDENTIDAD / PASAPORTE:_____.
	Expedido en _____, con fecha:_____.
20.4. RESTRICCIONES	En el momento del accidente: SI ☐ NO ☐ hacía uso del cinturón de seguridad / casco de protección.
	En el momento del accidente ocupaba el asiento_____.
20.5. RESULTÓ	MUERTO ☐ H. GRAVE ☐ H. LEVE ☐ ILESO ☐
20.6. PARADERO	☐ Depósito de cadáveres de:_____ Teléfono:_____.
	☐ Hospital de_____ Teléfono:_____.
	☐ Domicilio:_____ Teléfono:_____.
20.7. RELATO	Breve relato de los hechos:_____

PERSONAS PARTICIPANTES

HOJA DE DATOS Núm. 11-13

21. PEATONES (una hoja por peatón)		
21.1. FILIACIÓN:	Nombre: _____ Apellidos: _____ y _____ Hijo de _____ y _____ Natural de _____ (_____), nacido el día _____ de _____ de _____. Edad: _____. Vecino de _____ (_____), con domicilio en _____ núm. _____. Teléfonos _____ / _____ Fax _____ / _____ E-Mail: _____ Otros domicilios: _____ _____	
21.2. DOCUMENTACIÓN	1. DNI / CARTA DE IDENTIDAD / PASAPORTE: _____ Expedido en _____, con fecha: _____.	
21.3. ACCIÓN DEL PEATÓN	☐ Atravesando intersección ☐ Cruzando calzada fuera de intersección ☐ En arcén por su derecha ☐ En arcén por su izquierda ☐ En calzada por su derecha ☐ En calzada por su izquierda ☐ Trabajar en la calzada ☐ Reparando vehículo ☐ Subir o descender de un vehículo ☐ Sobre acera o refugio ☐ Otra	OTROS DETALLES de los hechos: _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____
21.4. RESULTÓ	MUERTO ☐ H. GRAVE ☐ H. LEVE ☐ ILESO ☐	
21.5. PARADERO	☐ Depósito de cadáveres de: _____ Teléfono: _____. ☐ Hospital de _____ Teléfono: _____. ☐ Domicilio: _____ Teléfono: _____.	
21.6. RELATO	Breve relato de los hechos. _____ _____ _____ _____ _____	

PERSONAS PARTICIPANTES

HOJA DE DATOS Núm. 12-13

22. TESTIGOS (una hoja por testigo)	
22.1. FILIACIÓN:	Nombre: _____ Apellidos: _____ y _____ Hijo de _____ y _____ Natural de _____ (_____), nacido el día _____ de _____ de _____. Edad: _____. Vecino de _____ (_____), con domicilio en _____ núm. _____. Teléfonos _____ / _____ Fax _____ / _____ E-Mail: _____ Otros domicilios: _____ _____
22.2. DOCUMENTACIÓN	1. DNI / CARTA DE IDENTIDAD / PASAPORTE: _____ Expedido en _____, con fecha: _____.
22.3. ACCIÓN DEL TESTIGO	☐ Es testigo ocular ☐ Es testigo de referencia En el momento del accidente se encontraba _____ En el momento del accidente prestaba atención a _____ _____ _____
22.4. PARADERO	☐ Depósito de cadáveres de: _____ Teléfono: _____. ☐ Hospital de _____ Teléfono: _____. ☐ Domicilio: _____ Teléfono: _____.
22.5. RELATO	Breve relato de los hechos: _____ _____ _____ _____ _____

PERSONAS PARTICIPANTES

HOJA DE DATOS Núm. 13-13

23. DOCUMENTACIÓN DE VEHÍCULOS (una hoja por vehículo)	
23.1. VEHÍCULO:	Matrícula _____.
	Vehículo _____ Marca _____ Modelo _____ Color _____.
23.2. TITULAR:	Nombre: _____.
	Apellidos: _____ y _____.
	Hijo de _____ y _____.
	Natural de _____ (_____),
	nacido el día _____ de _____ de _____ .Edad: _____.
	Vecino de _____ (_____),
	con domicilio en _____ núm. _____.
	Teléfonos / Fax / E-Mail: _____.
	Otros domicilios: _____.
23.3. PERMISO DE CIRCULACIÓN	Fecha de matriculación: _____ . Fecha de 1ª matriculación: _____.
	Serie y número de bastidor: _____ . Peso máx. autorizado: _____.
	Tipo: _____ . Número de plazas: _____ . Servicio a que se destina: _____.
23.4. TARJETA DE INSPECCIÓN TÉCNICA VEHÍCULOS. ITV	Dimensiones de los neumáticos: _____.
DE	Anchura: _____ . Longitud: _____ . Vía anterior / posterior: _____.
	Fecha expedición del documento: _____.
	Fecha ITV: _____ . Valedera hasta: _____.
23.5. SEGURO	Seguro Obligatorio en la entidad: _____.
	Domicilio social: _____.
	Tomador: _____.
	Póliza número: _____ . Recibo en vigor hasta: _____ . Otras coberturas: _____.
	Otros conductores autorizados: _____.
23.6. CARGA	Clase de carga en el momento del accidente: _____.
	Distribución de la misma: _____.

3. EL ATESTADO

• MODELO DE DILIGENCIA DE CONOCIMIENTO Y COMPARECENCIA

El agente con Tarjeta de Identificación Profesional cuya identidad figura en el encabezamiento de la diligencia, por medio del presente Atestado hace constar:

Que a las __ horas, del día __ de ____ de 20__, tuvo conocimiento por medio de ____, que había ocurrido un accidente de circulación, a la altura del Punto Kilométrico/núm. ____, de la carretera/calle____ (____), término municipal de ____, Partido Judicial de ____, que al parecer consistía en ____ por lo que acto seguido, y acompañado del agente igualmente identificado en el encabezamiento mediante su tarjeta profesional, se trasladaron al citado lugar con el vehículo oficial adjudicado al servicio, personándose en el mismo a las __ horas del día __.

En el momento de la comparecencia, se encontraban en el lugar reseñado ____, habiéndose producido las modificaciones siguientes: _____

Una vez comprobada la veracidad de los hechos, se da comienzo a las presentes diligencias, encaminadas a la averiguación de las causas del accidente.

Y, para que conste, se extiende la presente diligencia, que firma la fuerza actuante, en ____, a las __ horas del día ____ de ____ de 20__.

• MODELO DE MANIFESTACIÓN DEL CONDUCTOR D.

Conductor del vehículo matricula_____: Tipo ____ Marca ____ Modelo ____ Color_____

En ____, a las ____ horas del día ____ de ____ de 20__, el agente arriba identificado en ____ lugar, por medio de la presente diligencia, hace constar:

Que se procede a tomar manifestación, a la persona anotada al inicio de la presente, conductor del vehículo reseñado, nacido en ____, el día __ de ____ de ____, hijo de ____ y de ____, vecino de ____, con domicilio en ____, teléfono_____

PRESENTA Y RETIRA LOS SIGUIENTES DOCUMENTOS:

- D.N.I. núm _____ expedido en _____ el día _____
- **PERMISO DE CONDUCCIÓN** núm _____ de la clase____, expedido por la JPT de _____ con fecha _____ y periodo de validez hasta _____, con _____ las _____ siguientes restricciones: _____

En el momento del accidente ____ hacia uso del cinturón de seguridad (o casco de protección en su caso).

En el momento del accidente ____ cumplía las restricciones marcadas en su Permiso de Conducción.

_____ figura como titular del vehículo

RESULTÓ: _____

PERMISO DE CIRCULACIÓN: Expedido por la Jefatura Provincial de Tráfico de _____, con fecha _____ a nombre de D _____ nacido en _____, el día ____ de ____ de _____, hijo de _____ y de _____, vecino de _____, con domicilio en _____, teléfono _____

Datos de la Empresa y Razón Social en su caso _____

Fecha de 1ª Matriculación _____

Serie y núm. de Bastidor _____ Número de plazas _____ MMA _____

TARJETA DE INSPECCIÓN TÉCNICA: Expedida en _____ con fecha _____. Fecha última inspección _____, válida hasta _____

POLIZA Y RECIBO DEL SOA: Número de póliza _____ con validez desde el día ____ de ____ de _____, hasta el día ____ de ____ de _____. Concertada con la Compañía Aseguradora _____ con sede social en _____. Tomador del seguro D _____, DNI _____

Autorizaciones Especiales y otros Documentos:

Autorizaciones Especiales:

Otros Documentos:

Otras circunstancias:

PREGUNTADO si se encuentra en condiciones adecuadas para prestar manifestación y si voluntariamente accede a ello,

MANIFIESTA: _____

PREGUNTADO para que diga la forma en que se produjo el accidente,
MANIFIESTA: _____

PREGUNTADO para que diga cuáles eran las condiciones de la circulación en ese momento, en la calle/carretera,

MANIFIESTA: _____

PREGUNTADO para que diga cuáles eran las condiciones en ese momento, en el interior del vehículo,

MANIFIESTA: _____

PREGUNTADO para que diga cuál fue el primer momento y lugar en que tuvo conciencia del peligro,

MANIFIESTA: _____

PREGUNTADO para que diga a cuanto o cómo, cree Vd. que circulaba,

MANIFIESTA: _____

PREGUNTADO para que diga hacia dónde prestaba su atención, en ese momento

MANIFIESTA: _____

PREGUNTADO para que diga qué hizo exactamente, si es que hizo algo, para evitar el accidente,

MANIFIESTA: _____

PREGUNTADO para que diga qué ocurrió luego,

MANIFIESTA: _____

PREGUNTADO para que diga qué es lo último que recuerda antes del accidente,

MANIFIESTA: _____

PREGUNTADO para que diga qué es lo primero que recuerda después del accidente

MANIFIESTA: _____

PREGUNTADO para que diga a quién vio en primer lugar después del accidente y qué le dijo,

MANIFIESTA: _____

PREGUNTADO por...,

MANIFIESTA: _____

PREGUNTADO..... si tiene alguna cosa más que añadir a lo expuesto,
MANIFIESTA que no, que lo dicho es la verdad, en lo que se afirma y ratifica.

COMPARECENCIA Por medio de la presente se le hace saber al interesado, la obligación que tiene de COMPARECER en el Juzgado de _____ núm. _____ cuando oportunamente, sea citado para ello.

SE LE INFORMA que el vehículo _____, a disposición de lo que ordene la Autoridad Judicial.

Y, para que conste, se pone por diligencia que firma el manifestante, una vez leída por sí y en prueba de conformidad en unión de la fuerza actuante a las _____ horas del día de _____ 20__.

• MODELO DE DILIGENCIA DE INSPECCIÓN OCULAR:

En el lugar de los hechos, a las _____ horas del día ____ de _____ de 200__, se procede por los agentes actuantes a realizar la correspondiente INSPECCIÓN OCULAR, que refleja los datos que a continuación se expresan:

IDENTIFICACIÓN DEL ACCIDENTE:

ACCIDENTE de circulación ocurrido a las _____ horas del día _____ de _____ de 20__, en el Punto Kilométrico/número _____ de la carretera/calle _____, / cruce con la carretera/calle _____, término municipal de _____, Partido Judicial de _____, consistente en _____ del/entre los vehículo/s _____, resultando como consecuencia del mismo _____

SENTIDO DE LA CIRCULACIÓN y PUNTOS DE REFERENCIA DE LAS MEDICIONES:

La Inspección Ocular se realiza tomando el sentido de circulación de _____ a _____

_____, que era el que seguía el vehículo _____.

Sentido de circulación de los demás vehículos y/o elementos intervinientes:

El vehículo matricula _____ circulaba sentido _____.

El vehículo matricula _____ circulaba sentido _____.

El peatón, ciclista o cabeza de ganado, circulaba por _____.

Los elementos análogos se desplazaban de _____ a _____.

Puntos de referencia para toma de mediciones:

Punto fijo A: _____.

Punto fijo B: _____.

Distancia entre los puntos fijos: _____.

CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA:

Denominación _____

Clase _____

Tipo de calzada: sentidos de circulación y separación _____

Anchura de la calzada _____

Núm. de carriles _____

Delimitados por _____

Anchura de carriles _____

Firme _____

Estado de conservación _____

Superficie _____

Anchura Arcenes/Aceras _____

Delimitados por _____

Firme _____

Márgenes o circunstancias que bordean la calzada _____

Obstáculos en la vía _____

Visibilidad _____

Luminosidad _____

Deslumbramiento _____

Tipo intersección _____

Prioridad de paso regulada por: _____

Señalización:

Por Agentes _____

Por Semáforos _____

Vertical _____

Horizontal _____

Otro tipo de señales _____

Limitaciones de velocidad:

Genérica: _____

Específica: _____

* Para la vía:

* Para el vehículo:

* Para el conductor:

Otras:

OTRAS CIRCUNSTANCIAS

Día de la semana _____

Festividad: _____

Factores atmosféricos: _____

Otros factores ambientales: _____

HUELLAS Y VESTIGIOS:

De frenado: _____

De fricción (derrape): _____

Otras de neumáticos: _____

Arañazos: _____

Raspaduras: _____

Surcos y hendiduras: _____

Restos de infraestructura: _____

Líquidos: _____

Sangre y ropas: _____

Otros restos: _____

Daños ajenos al vehículo: _____

Modificaciones en huellas y/o vestigios: _____

PUNTOS DE REFERENCIA EN ORDEN A SITUACIÓN DE LOS VEHÍCULOS:

Punto (probable) de Conflicto:

Posición final de los vehículos:

Posición de las personas o de los cadáveres:

EXAMEN GENERAL Y PERICIAL DE LOS VEHÍCULOS:

De la Unidad UNO: Vehículo matricula_____

Examen general:

Supuesto estado de conservación inicial:

Desperfectos a consecuencia del accidente:

Fuerza principal de Impacto:

Zona afectada:

Amplitud daño:

Consideración:

Detalle:

Examen pericial:

Alumbrado y señalización óptica:

Órganos de frenado:

Órganos de dirección:

Órganos de suspensión:

Neumáticos:

Marca:

Estado:

Profundidad dibujo:

Presiones:

Palanca de cambios de velocidades en la

Velocímetro, marca _____ kms/hora.

Totalizador kms. recorridos, marca _____kms.

Tacógrafo y Discos Diagrama:

Otros órganos que hayan podido influir en el accidente:

De La Unidad DOS: Vehículo matricula_____

Examen general:

Supuesto estado de conservación inicial:

Desperfectos a consecuencia del accidente:

Fuerza principal de Impacto:

Zona afectada:

Amplitud daño:

Consideración:

Detalle:

Examen pericial:

Alumbrado y señalización óptica:

Carga en el momento del accidente: Clase _____
Cantidad _____

Otras circunstancias:

Unidad DOS: Vehículo matrícula _____: Tipo _____ Marca _____
Modelo _____ Color _____

PERMISO DE CIRCULACIÓN: Expedido por la Jefatura Provincial de Tráfico de _____, con fecha _____ a nombre de D _____ nacido en _____, el día _____ de _____, hijo de _____ y de _____, vecino de _____, con domicilio en _____, teléfono _____

Datos de la Empresa y Razón Social en su caso _____

Fecha de 1ª Matriculación _____

Serie y núm. de Bastidor _____ Número de plazas _____ MMA _____

TARJETA DE INSPECCIÓN TÉCNICA: Expedida en _____ con fecha _____. Fecha última inspección _____, válida hasta _____

POLIZA Y RECIBO DEL SOA: Número de póliza _____ con validez desde el día _____ de _____ de _____, hasta el día _____ de _____ de _____. Concertada con la Compañía Aseguradora _____ con sede social en _____ Tomador del seguro D _____, DNI _____

Autorizaciones Especiales y otros Documentos:

Autorizaciones Especiales:

Otros Documentos:

Carga en el momento del accidente: Clase _____
Cantidad _____

Otras circunstancias:

Unidad TRES: ...

Unidad CUATRO: ...

DESTINO FINAL DE LOS VEHÍCULOS:

Unidad UNO: Vehículo _____ depositado en _____.

Unidad DOS: Vehículo _____ depositado en _____.

Unidad TRES: Vehículo _____ depositado en _____.

RESEÑA DE LAS PERSONAS IMPLICADAS O AFECTADAS:

1.- Conductores.

1.1.- Don _____, conductor del vehículo matricula _____, tipo _____ marca _____ modelo _____ color _____, nacido en _____, el día _____ de _____ de _____, hijo de _____ y de _____, vecino de _____, con domicilio en _____, teléfono _____

- D.N.I. núm _____ expedido en _____ el día _____
- PERMISO DE CONDUCCIÓN núm _____ de la clase _____, expedido por la JPT de _____ con fecha _____ y periodo de validez hasta _____, con las siguientes restricciones: _____

En el momento del accidente _____ hacia uso del cinturón de seguridad (o casco de protección en su caso).

En el momento del accidente _____ cumplía las restricciones marcadas en su Permiso de Conducción.

_____ figura como titular del vehículo

RESULTÓ: _____

1.2.- Don _____, conductor del vehículo matricula _____, tipo _____ marca _____ modelo _____ color _____, nacido en _____, el día _____ de _____ de _____, hijo de _____ y de _____, vecino de _____, con domicilio en _____, teléfono _____

- D.N.I. núm _____ expedido en _____ el día _____
- PERMISO DE CONDUCCIÓN núm _____ de la clase _____, expedido por la JPT de _____ con fecha _____ y periodo de validez hasta _____, con las siguientes restricciones: _____

En el momento del accidente _____ hacia uso del cinturón de seguridad (o casco de protección en su caso).

En el momento del accidente _____ cumplía las restricciones marcadas en su Permiso de Conducción.

_____ figura como titular del vehículo

RESULTÓ: _____

1.3.- ...

1.4.- ...

2.- Usuarios.

2.1.- Don _____, usuario del vehículo matricula _____, tipo _____ marca _____ modelo _____ color _____, nacido en _____, el día _____ de _____ de _____, hijo de _____ y de _____, vecino de _____, con domicilio en _____, teléfono _____

- D.N.I. núm _____ expedido en _____ el día _____

En el momento de producirse el accidente ocupaba el asiento _____ del vehículo citado y _____ hacia uso del cinturón de seguridad (o casco de protección en su caso).

RESULTÓ: _____

2.2.- Don _____, usuario del vehículo matricula _____, tipo _____ marca _____ modelo _____ color _____, nacido en _____, el día ____ de ____ de _____, hijo de _____ y de _____, vecino de _____, con domicilio en _____, teléfono _____

- D.N.I. núm _____ expedido en _____ el día _____

En el momento de producirse el accidente ocupaba el asiento _____ del vehículo citado y _____ hacia uso del cinturón de seguridad (o casco de protección en su caso).

RESULTÓ: _____

2.3.- ...

2.4.- ...

3.- Peatones.

3.1.- Don _____, nacido en _____, el día ____ de ____ de _____, hijo de _____ y de _____, vecino de _____, con domicilio en _____, teléfono _____

- D.N.I. núm _____ expedido en _____ el día _____

En el momento del accidente vestía prendas de color:

RESULTÓ: _____

3.2.- Don _____, nacido en _____, el día ____ de ____ de _____, hijo de _____ y de _____, vecino de _____, con domicilio en _____, teléfono _____

- D.N.I. núm _____ expedido en _____ el día _____

En el momento del accidente vestía prendas de color :

RESULTÓ: _____

4.- Testigos.

4.1.- Don _____, nacido en _____, el día ____ de ____ de _____, hijo de _____ y de _____, vecino de _____, con domicilio en _____, teléfono _____

- D.N.I. núm. _____ expedido en _____ el día _____

RESULTÓ: _____

- _____ posee Permiso de Conducción. Clase _____

En el momento del accidente se encontraba _____

4.2.- Don _____, nacido en _____, el día ____ de ____ de _____, hijo de _____ y de _____, vecino de _____, con domicilio en _____, teléfono _____

- D.N.I. núm _____ expedido en _____ el día _____

RESULTÓ: _____

- _____ posee Permiso de Conducción. Clase _____

En el momento del accidente se encontraba _____

Y para que conste, se pone por diligencia que firma la fuerza actuante a las ____ horas del día ____ de _____ de 20____.

- **MODELO DE DILIGENCIA DE PARECER E INFORME**

A la vista de la Inspección Ocular practicada en el lugar de los hechos, manifestaciones de los conductores implicados, usuarios y testigos, examen pericial y daños observados en los vehículos, huellas, vestigios y demás circunstancias que rodean el accidente objeto de esta investigación, ES PARECER del Instructor que el presente accidente de circulación, se ha producido de la forma siguiente:

(Desarrollo del accidente)

(Parecer del agente instructor sobre la causa del siniestro)

Y para que conste, se extiende la presente diligencia, que firma la fuerza actuante en _____ a las ____ horas del día ____ de _____ de 20____,

4. EL INFORME TÉCNICO

1.- ASUNTO

ACCIDENTE de circulación ocurrido a las _____ horas del día ____ de _____ de _____, en el Punto Kilométrico/número _____, de la carretera/calle _____, Término Municipal de _____, Partido Judicial de _____, consistente en _____, del/ entre los vehículo/s _____, resultando como consecuencia del mismo _____.

2.- COMPARECENCIA

La fuerza actuante arriba identificada a las _____ horas del día ____ de _____ de _____, tuvo conocimiento por medio de _____, de que había ocurrido un accidente de circulación, a la altura del Punto Kilométrico/número _____, de la carretera/calle _____, Término Municipal de _____, Partido Judicial de _____, que al parecer consistía en _____. Se trasladaron al citado lugar con el vehículo oficial adjudicado al servicio, personándose en el mismo a las _____ horas del día _____.

En el momento de la comparecencia, se encontraban en el lugar _____, **NO** habiéndose producido modificaciones. (o SI habiéndose producido modificaciones, en cuyo caso especificar)

3.- PERSONAS IMPLICADAS

3.1.- Conductores.

3.1.1.- Don _____, conductor del vehículo matricula _____, tipo _____ marca _____ modelo _____ color _____, nacido en _____, el día ____ de ____ de _____, hijo de _____ y de _____, vecino de _____, con domicilio en _____, teléfono _____.

- D.N.I. núm _____ expedido en _____ el día _____.
- PERMISO DE CONDUCCIÓN núm _____ de la clase _____, expedido por la JPT de _____ con fecha _____ y periodo de validez hasta _____, con las siguientes restricciones: _____.

En el momento del accidente (SI/NO/SE DESCONOCE) Hacia uso del cinturón de seguridad/casco de protección/SRI/OTRO: _____.

En el momento del accidente (SI/NO) cumplía las restricciones marcadas en su Permiso de Conducción.

_____ figura como titular del vehículo

RESULTÓ: _____

3.1.2.- Don _____, conductor del vehículo matricula _____, tipo _____ marca _____ modelo _____ color _____, nacido en _____, el día ____ de ____ de _____, hijo de _____ y de _____, vecino de _____, con domicilio en _____, teléfono _____.

- D.N.I. núm _____ expedido en _____ el día _____
- PERMISO DE CONDUCCIÓN núm _____ de la clase _____, expedido por la JPT de _____ con fecha _____ y periodo de validez hasta _____, con las siguientes restricciones: _____

En el momento del accidente (SI/NO/SE DESCONOCE) hacía uso del cinturón de seguridad/casco de protección/SRI/OTRO: ()

En el momento del accidente (SI/NO) cumplía las restricciones marcadas en su Permiso de Conducción.

_____ figura como titular del vehículo

RESULTÓ: _____

3.1.3.- ...

3.1.4.- ...

3.2.- Usuarios.

3.2.1.- Don _____, usuario del vehículo matricula _____, tipo _____ marca _____ modelo _____ color _____, nacido en _____, el día _____ de _____ de _____, hijo de _____ y de _____, vecino de _____, con domicilio en _____, teléfono _____

- D.N.I. núm _____ expedido en _____ el día _____

En el momento de producirse el accidente ocupaba el asiento _____ del vehículo citado y (SI/NO/SE DESCONOCE) hacía uso del cinturón de seguridad/casco de protección/SRI/OTRO: ()

RESULTÓ: _____

3.2.2.- Don _____, usuario del vehículo matricula _____, tipo _____ marca _____ modelo _____ color _____, nacido en _____, el día _____ de _____ de _____, hijo de _____ y de _____, vecino de _____, con domicilio en _____, teléfono _____

- D.N.I. núm _____ expedido en _____ el día _____

En el momento de producirse el accidente ocupaba el asiento _____ del vehículo citado y (SI/NO/SE DESCONOCE) hacía uso del cinturón de seguridad/casco de protección/SRI/OTRO: ()

RESULTÓ: _____

3.2.3.- ...

3.2.4.- ...

3.3.- Peatones.

3.3.1.- Don _____, nacido en _____, el día _____ de _____ de _____, hijo de _____ y de _____, vecino de _____, con domicilio en _____, teléfono _____

- D.N.I. núm _____ expedido en _____ el día _____

En el momento del accidente vestía prendas de color:

RESULTÓ: _____

3.3.2.- Don _____, nacido en _____, el día _____ de _____ de _____, hijo de _____ y de _____, vecino de _____, con domicilio en _____, teléfono _____

- D.N.I. núm _____ expedido en _____ el día _____

En el momento del accidente vestía prendas de color :

RESULTÓ: _____

3.4.- Testigos.

3.4.1.- Don _____, nacido en _____, el día _____ de _____ de _____, hijo de _____ y de _____, vecino de _____, con domicilio en _____, teléfono _____

- D.N.I. núm _____ expedido en _____ el día _____

RESULTÓ: _____

- _____ posee Permiso de Conducción. Clase _____

En el momento del accidente se encontraba _____

3.4.2.- Don _____, nacido en _____, el día _____ de _____ de _____, hijo de _____ y de _____, vecino de _____, con domicilio en _____, teléfono _____

- D.N.I. núm _____ expedido en _____ el día _____

RESULTÓ: _____

- _____ posee Permiso de Conducción. Clase _____

En el momento del accidente se encontraba _____

3.5.- Modificaciones en las personas: (indicar)

4.- VEHICULOS IMPLICADOS:

4.1.- Reseña de los vehículos implicados:

4.1.1.- Vehículo matrícula _____, tipo _____, marca _____, modelo _____, color _____

PERMISO DE CIRCULACIÓN: Expedido por la Jefatura Provincial de Tráfico _____, con fecha _____, a nombre de D./Dña. _____, nacido/a en _____, el día _____, hijo/a de _____ y de _____, con domicilio en _____, teléfono _____, fax _____, correo electrónico _____, con DNI núm. _____

Datos de la Empresa y Razón Social en su caso _____

Fecha de 1ª Matriculación _____, Serie y núm. de Bastidor _____, Número de plazas _____, MMA _____

TARJETA DE INSPECCION TÉCNICA DEL VEHÍCULO: Expedida en _____, con fecha _____ Fecha última inspección _____, valida hasta _____

POLIZA Y RECIBO DEL SOA: Número de póliza _____, con

validez desde el _____ hasta el _____. Concertada con la Compañía Aseguradora _____ con sede social en _____, de la localidad de _____ (_____)

Tomador del seguro D./Dña. _____, con DNI núm. _____-

Autorizaciones Especiales y otros Documentos:

Autorizaciones Especiales:

Otros Documentos:

Carga en el momento del accidente.

Clase Cantidad

Otras circunstancias:

4.1.2.- Vehículo ...

4.2.- Examen general y pericial de los vehículos.

4.2.1.-Del vehículo matrícula _____

Supuesto estado de conservación inicial:

Desperfectos a consecuencia del accidente:

Zona afectada:

Alumbrado y señalización óptica:

Órganos de frenado:

Órganos de dirección:

Órganos de suspensión:

Neumáticos:

Marca:

Estado:

Profundidad dibujo:

Presiones:

Palanca de cambios de velocidades en la:

Velocímetro marca kms/hora

Totalizador kms. recorridos, marca kms.

Tacógrafo y Discos Diagrama:

Otros órganos que hayan podido influir en el accidente:

4.2.2.-Del vehículo

4.3.- Modificaciones en los vehículos:

5. - DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DEL ACCIDENTE

5.1. - Sentido y puntos de referencia:

La Inspección Ocular practicada se ha realizado tomando el sentido de circulación de _____ a _____, que era el que seguía el vehículo _____ -

Sentido de circulación de los demás vehículos y/o elementos intervinientes:

El vehículo matricula _____ circulaba sentido _____.

El vehículo matricula _____ circulaba sentido _____.

El peatón, ciclista o cabeza de ganado, circulaba por _____.

Los elementos análogos se desplazaban de _____ a _____.

5.2.-Características de la vía.-

Denominación

Clase:

Tipo de calzada:

Configuración de la calzada:

Anchura de la calzada:

Núm. de carriles:

Separados por:

Anchura de carriles:

Firme:

Estado de conservación:

Superficie:

Arcenes/Aceras:

Delimitados por:

Márgenes o circunstancias que bordean la vía:

Obstáculos en la vía:

Visibilidad:

Luminosidad:

Deslumbramiento:

Tipo de intersección:

Prioridad de paso regulada por:

Señalización

Vertical:

Horizontal:

Otro tipo de señales:

Limitaciones de velocidad

Genérica:

Específica: Para la vía:
Para el vehículo:
Para el conductor:

OTRAS CIRCUNSTANCIAS

Día de la semana
Festividad
Factores Atmosféricos

PUNTOS FIJOS DE REFERENCIA:

SE DAN DOS POSIBILIDADES DE REFERENCIAR LOS PUNTOS FIJOS

MÉTODO DE TRIANGULACIÓN:

Punto fijo A: _____
Punto fijo B: _____
Distancia entre los puntos fijos: _____

MÉTODO DE COORDENADAS CARTESIANAS:

Punto fijo: _____
Punto auxiliar: _____

Las mediciones se han llevado a cabo en línea recta desde la proyección de la perpendicular de dicho/s punto/s con respecto al eje longitudinal de la calzada.

5.3.- Huellas y vestigios.

De frenado:
De fricción:
Otras de neumáticos:
Arañazos:
Raspaduras:
Surcos y hendiduras:
Restos de Infraestructura:
Líquidos:
Sangre y ropas:
Otros restos:
Daños ajenos al vehículo:

5.4.- Referencias en orden a la situación de vehículos y personas.

Punto (probable) de Conflicto: Está situado en _____ a _____ metros del Punto Fijo de referencia _____ y a _____ metros del Punto Fijo de referencia

Posición final de los vehículos: _____

Posición de las personas o de los cadáveres: _____ -

6.- EXTRACTO DE LAS MANIFESTACIONES Y OTROS DATOS DE INTERÉS:

De las manifestaciones tomadas a las personas implicadas en el accidente, que figuran en el Atestado remitido a ese Juzgado con fecha _____, folios números _____, cabe destacar por su interés para la determinación de las causas que produjeron el mismo, lo siguiente:

6.1.-De los conductores:

- Conductor del vehículo matrícula _____, _____ -

6.2.-De los usuarios:

- Usuario del vehículo matrícula _____, _____ -

6.3.-De los peatones:

- _____, _____ -

6.4.-De los testigos:

- _____, _____ -

6.5.- Otras manifestaciones o informes: resultados pruebas de alcoholemia e informes periciales sobre el Factor Humano (plan de viaje) _____ -

7.- RECONSTRUCCIÓN DEL ACCIDENTE:

7.1. Posición inicial de los vehículos y peatones:

El vehículo matrícula _____ circulaba sentido _____ por el carril _____ -

El vehículo matrícula _____ circulaba sentido _____ por el carril _____ -

El peatón _____ circulaba o cruzaba sentido _____ por _____

7.2. Posición de Percepción Posible (P. P. P.):

Es aquel momento y lugar donde el movimiento o condición *inesperada* o *extraordinaria* puede haber sido percibido por una persona *normal* y que nos sirve de base para valorar la conducta de las personas que intervienen en el accidente.

Para cada vehículo se miden en el sentido de su marcha y sobre el eje longitudinal de la carretera, siendo su distancia al PUNTO DE CONFLICTO, la siguiente:

Para el vehículo matrícula _____ es de _____ metros

Para el vehículo matrícula _____ es de _____ metros

Para el peatón _____ es de _____ metros

7.3. Posición de Percepción Real (P. P. R.):

Es aquel momento y lugar en el cual el conductor o peatón, percibió realmente por primera vez el peligro o la situación anormal.

Se miden para cada vehículo de la misma forma que en el apartado anterior, siendo las distancias las siguientes:

Para el vehículo matrícula _____ es de _____ metros

Para el vehículo matrícula _____ es de _____ metros

Para el peatón _____ es de _____ metros

7.4. Posición de Decisión (P. D.):

Es aquel en el que el conductor o peatón, reacciona y realiza algún tipo de maniobra tendente a evitar el accidente o atropello.

Medidos igual que los apartados anteriores:

Para el vehículo matrícula _____ es de _____ metros

Para el vehículo matrícula _____ es de _____ metros

Para el peatón _____ es de _____ metros

7.5. Posición de conflicto (P. C.):

Es aquel en que se consuma el accidente y que corresponderá a la posición de máximo efecto.

Está situado en _____ a _____ metros del Punto Fijo de referencia A _____ y a _____ metros del Punto Fijo de referencia B.

7.6.- Itinerario seguido por los vehículos y personas:

Según el croquis adjunto al presente Informe Técnico

7.7.- Posición final de vehículos y personas:

Según el apartado 5.4. del presente Informe Técnico y el croquis adjunto al mismo

7.8.- Estudio de las velocidades de los vehículos:

En función de las huellas de frenada halladas, manifestaciones, daños de los vehículos,

7.9.- Líneas de fuerza:

Se remite a la Fuerza Principal de Impacto (F.P.I.) correspondientes a los vehículos, señalada en el subapartado correspondiente a cada vehículo del apartado 4.2; al croquis y a las trayectorias postcolisión reflejadas en éste.

8.- CAUSAS DEL ACCIDENTE.

8.1.- Planteamiento de hipótesis.

A la vista de la Inspección Ocular practicada en el lugar de los hechos, manifestaciones de los conductores implicados, usuarios y testigos, examen pericial y daños observados en los vehículos, huellas, vestigios y demás circunstancias que rodean el accidente objeto de ésta investigación, ES PARECER del Instructor que en el presente accidente de circulación, se barajan las siguientes hipótesis como posible causa de su producción:

1ª HIPÓTESIS: _____

2ª HIPÓTESIS: _____

3ª HIPÓTESIS: _____

8.2.- Justificación de hipótesis.

Respecto a las hipótesis planteadas en el apartado anterior, se realiza un estudio razonado y objetivo sobre las mismas, aceptándolas o descartándolas, con el siguiente resultado:

1ª HIPÓTESIS: _____

2ª HIPÓTESIS: _____

3ª HIPÓTESIS: _____

8.3.- Clasificación de causas:

8.3.1.- Causas Mediatas

Aquellas que en sí mismas no dan lugar al accidente, pero conducen o coadyuvan a su materialización.

8.3.1.1.Relativas a los vehículos:

- Del vehículo matrícula _____, _____

- Del vehículo matrícula _____, _____

8.3.1.2.Relativas a la vía:

8.3.1.3.Relativas a fenómenos atmosféricos:

8.3.1.4.Relativas a los conductores:

A) SOMÁTICAS:

- Conductor del vehículo matrícula _____, _____

- Conductor del vehículo matrícula _____, _____

B) PSÍQUICAS:

- Conductor del vehículo matrícula _____, _____

- Conductor del vehículo matrícula _____, _____

C) CONOCIMIENTOS, EXPERIENCIA, PERICIA:

- Conductor del vehículo matrícula _____, _____

- Conductor del vehículo matrícula _____, _____

8.3.1.5.Relativas a circunstancias ajenas a las anteriores:

8.3.2.- Causas Inmediatas

Aquellas que de forma directa intervienen y dan lugar al accidente.

8.3.2.1.-INFRACCIONES A LAS NORMAS DE LA CIRCULACIÓN:

a) Velocidad: _____

b) Otras Infracciones: _____

8.3.2.2.-DEFICIENCIAS EN LA PERCEPCIÓN: _____

8.3.2.3.-ERRORES EN LA EVASIÓN: _____

8.3.2.4.-CONDICIONES NEGATIVAS: _____

8.3.2.5.-OTRAS: _____

8.3.3.- Causa/s Principal/es o Eficiente/s y Causa/s Coadyuvante/s

De entre las anteriores, se considera como causa/s principal/es que produjo el accidente: _____.

Igualmente, se considera como causa/s coadyuvante/s a la producción del siniestro:

9.- APRECIACIÓN DE LA FORMA EN QUE SE PRODUJO EL ACCIDENTE.

Por todo lo anteriormente expuesto, es parecer del Instructor, que el accidente pudo tener el siguiente desarrollo:

10.- ENTREGA DEL INFORME TÉCNICO.

A las _____ horas del día _____, en _____, se hace entrega del presente INFORME TÉCNICO, acompañado de CROQUIS e INFORME FOTOGRÁFICO. Todo ello bajo recibo.

EL/LOS INSTRUCTOR/ES